



José Miguel Pereira dos Santos

Licenciado em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

**Avaliação da eficiência e produtividade de empresas
de base tecnológica em incubadoras:
o caso de estudo do Madan Parque**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia e Gestão Industrial

Orientador: Doutor António Carlos Bárbara Grilo,
Professor Auxiliar. Faculdade de Ciências e Tecnologia da
Universidade Nova de Lisboa

Júri:

Presidente: Prof. Doutor Virgílio António Cruz Machado
Arguente: Prof. Doutor Joaquim Amaro Graça Pires e Pina Catalão
Vogais: Mestre José Amândio Marques dos Santos Damião
Prof. Doutor António Carlos Bárbara Grilo

**Universidade Nova de Lisboa
Faculdade de Ciências e Tecnologia**

**Avaliação da eficiência e produtividade de empresas de base tecnológica em incubadoras:
o caso de estudo do Madan Parque.**

José Miguel Pereira dos Santos

Licenciado em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

Orientador: Doutor António Carlos Bárbara Grilo,
Professor Auxiliar. Faculdade de Ciências e Tecnologia da
Universidade Nova de Lisboa

Março 2013

**Avaliação da eficiência e produtividade de empresas de base tecnológica em incubadoras:
O caso de estudo do Madan Parque.**

Copyright © José Miguel Pereira dos Santos, Universidade Nova de Lisboa – Faculdade de Ciências e Tecnologia

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limitações geográficas, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Nota Prévia:

A presente dissertação de Mestrado não foi escrita segundo o novo Acordo Ortográfico

Agradecimentos

Um grande número de pessoas contribuiu, directa ou indirectamente, para que esta dissertação fosse realizada. O espaço que se segue é dedicado a todas essas pessoas.

Começo por agradecer ao meu orientador, Professor Doutor António Grilo, pelo acompanhamento, trocas de ideias, sugestões e palavras de incentivo durante o desenvolvimento deste trabalho. A sua capacidade de retirar sempre os aspectos positivos das situações, mesmo quando estes parecem pouco visíveis, foi um estímulo precioso.

Às empresas incubadas no Madan Parque, que responderam ao questionário e possibilitaram a realização deste estudo.

Ao Engenheiro José Damião, director da incubadora de empresas do Madan Parque, pelo interesse demonstrado na elaboração do caso de estudo no Madan Parque e pela valiosa ajuda na elaboração do questionário e posterior recolha dos dados.

Aos meus pais e irmão, agradeço os conselhos e o apoio manifestado não só durante a realização deste trabalho, como também ao longo de todo o meu percurso académico. Estou eternamente grato por tudo o que me deram e pelos valores transmitidos, que fazem de mim aquilo que sou hoje.

Finalmente, ao meu núcleo de amigos e colegas, um muito obrigado pelas palavras de motivação e paciência nos momentos de maior ansiedade. Agradeço os momentos de convívio, cumplicidade e descontração, fundamentais ao longo desta caminhada. Cada um de vocês contribuiu, com maior ou menor intensidade, para o meu enriquecimento cultural e crescimento pessoal.

Resumo

Os efeitos da crise económico-financeira internacional que tem afectado, em particular, a actividade económica portuguesa, têm contribuído significativamente para o aumento da taxa de mortalidade das empresas. O incentivo ao empreendedorismo revela-se, assim, crucial para contornar a actual situação, nomeadamente, através da criação de novas empresas de base tecnológica (EBT) que apostem na inovação como factor diferenciador. Neste sentido, o ambiente proporcionado por Parques de Ciência e Tecnologia (PCT) e Incubadoras de Empresas pode desempenhar um papel importante, ajudando a transformar uma ideia de negócio de base tecnológica numa organização economicamente eficiente. Contudo, existe uma lacuna na literatura no que diz respeito à avaliação da eficiência e evolução da produtividade das EBT em contexto de incubação.

Assim, este trabalho tem como objectivo o desenvolvimento de um modelo com base na metodologia *Data Envelopment Analysis* (DEA), que permita às EBT incubadas avaliar e melhorar a eficiência da sua gestão. Por outro lado, pretende-se também analisar a evolução da produtividade das EBT incubadas através da utilização do índice de *Malmquist* com base na DEA. Como tal, o modelo proposto é aplicado num caso de estudo composto por 13 empresas incubadas no Madan Parque entre 2009 e 2011.

Concluiu-se que, em média, as empresas apresentam um aumento de eficiência de ano para ano, no entanto, verificou-se que as empresas ineficientes apresentam investimentos elevados em actividades de Investigação e Desenvolvimento (I&D), tendo em conta os resultados obtidos. Por sua vez, a produtividade média aumenta 34,7% e 65,5% no período 2009-2010 e 2010-2011, respectivamente. Estes resultados devem-se à melhoria da eficiência, mas, sobretudo, ao progresso tecnológico das empresas. Os resultados obtidos provam o contributo da técnica DEA para uma melhor gestão e avaliação das EBT incubadas.

Palavras-chave: Empresas de base tecnológica; Incubadoras; *Data Envelopment Analysis*; Eficiência; índice de *Malmquist*; Produtividade

Abstract

The effects of the worldwide financial and economic crisis which has affected, in particular, the Portuguese economic activity, have contributed significantly to the increase in the mortality rate of firms. Encouraging the entrepreneurship proves to be crucial to overcome the current situation, in particular through the creation of new technology-based firms (NTBF) that rely on innovation as a differentiating factor. To this extent, the environment provided by Science and Technology Parks (STP) and Business Incubators can play a major role, in helping to turn a business idea into a technology-based organization economically efficient. However, there is a lack in the literature regarding to efficiency evaluation and productivity evolution of the NTBF in the incubation scope.

This study aims to develop a model based on the Data Envelopment Analysis (DEA) methodology, which allows the incubated NTBF to evaluate and improve the efficiency of their management. Moreover, the aim is also to analyze the evolution of the NTBF incubated productivity using the Malmquist index based on the DEA. Therefore, the proposed model is applied in a case study comprising 13 companies incubated at Madan Park between 2009 and 2011.

It was concluded that, on average, firms have an efficiency increase year after year, however, it has been found that inefficient firms have high investments in Research and Development (R&D), taking into account the results obtained. Meanwhile, the average productivity increases 34.7% and 65.5% in 2009-2010 and 2010-2011, respectively. These results are due to the efficiency improvements, but mainly to the technological progress of firms. The contribution resulted obtained prove the DEA technique for better management and evaluation of NTBF incubated. The obtained results show the contribution of the DEA technique to a better management and evaluation of the incubated NTBF.

Keywords: New technology-based firms; Bussiness Incubators; Data Envelopment Analysis; Efficiency; Malmquist Index; Productivity

Índice

Capítulo 1.	Introdução	1
1.1	Enquadramento.....	1
1.2	Objectivos.....	2
1.3	Metodologia.....	2
1.4	Organização da dissertação	3
Capítulo 2.	Empresas de base tecnológica	5
2.1	Enquadramento.....	5
2.2	O papel dos Parques de Ciência e Tecnologia e Incubadoras de Empresas	6
2.3	A importância do empreendedorismo e inovação.....	11
2.4	Relação com as Universidades: desenvolvimento de <i>spin-offs</i> académicas	14
2.5	Relação com I&D e Inovação.....	18
2.6	Avaliação de desempenho das EBT	19
Capítulo 3.	<i>Data Envelopment Analysis</i>	21
3.1	Caracterização geral	21
3.1.1	Produtividade e eficiência	22
3.1.2	Análise da Eficiência	24
3.2	Vantagens e Desvantagens da DEA.....	26
3.2.1	Vantagens	26
3.2.2	Desvantagens	27
3.3	Orientação <i>input</i> e <i>output</i>	28
3.4	Modelos DEA tradicionais	29
3.4.1	Modelo CCR.....	29
3.4.2	Modelo BCC	33
3.5	Avaliação de desempenho ao longo do tempo.....	37
3.5.1	Windows Analysis	37
3.5.2	Índice de <i>Malmquist</i>	38
3.6	Extensões aos modelos clássicos DEA	42
3.7	Considerações na aplicação da técnica DEA	47

3.8	A DEA na análise de desempenho de EBT	49
Capítulo 4.	Modelo proposto	51
4.1	Descrição dos modelos	51
4.1.1	<i>Inputs e outputs</i>	51
4.1.2	Modelos	54
Capítulo 5.	Caso de estudo: Madan Parque	57
5.1	Caracterização.....	57
5.2	Recolha dos dados	59
5.2.1	Metodologia	59
5.2.2	Caracterização da amostra a estudar	61
5.2.3	Dados recolhidos	62
5.3	Aplicação dos modelos propostos	64
5.3.1	Definição dos <i>inputs e outputs</i>	64
5.3.2	Análise de resultados	68
5.3.2.1	Modelo DEA-BCC	68
5.3.2.2	Modelo DEA-Malmquist.....	75
5.3.2.3	Discussão de resultados	78
Capítulo 6.	Conclusões e recomendações de trabalho futuro	83
6.1	Conclusões	83
6.2	Recomendações de trabalho futuro	85
Bibliografia.....		87
Anexos.....		95
Anexo A:	Formulação primal do método <i>Super-efficiency</i> (Adler, et al., 2002):.....	95
Anexo B:	Formulação agressiva do método <i>Cross-efficiency</i> (Zerafat Angiz, et al., 2012):	95
Anexo C:	Modelo dual com orientação para o <i>output</i> para variáveis não controláveis (W. Cooper, et al., 2011) :	96
Apêndices.....		97
Apêndice A:	Questionário aplicado.....	97

Índice de Figuras

Figura 3.1 – Diferença entre produtividade e eficiência (Coelli, et al., 1998).....	23
Figura 3.2 – Fronteira de eficiência (Adaptado de (Coelli, et al., 1998)).....	28
Figura 3.3 - Tipos de rendimentos à escala e metas de eficiência no modelo BCC (Zhu, 2008)..	36
Figura 5.1 - Missão do Madan Parque (Madan Parque, 2012b).....	57
Figura 5.2 – Visão do Madan Parque.....	58
Figura 5.3 – <i>Inputs</i> e <i>outputs</i> finais do modelo DEA	66

Índice de Tabelas

Tabela 2.1 - A evolução da estrutura e da missão dos PCT (com foco na situação europeia) (Bigliardi, Dormio, Nosella, & Petroni, 2006).	7
Tabela 4.1 - Exemplos de possíveis <i>inputs</i> e <i>outputs</i> a utilizar na aplicação da DEA na avaliação da eficiência de EBT.....	51
Tabela 5.1 – Dados para cada DMU referentes ao ano 2009.	62
Tabela 5.2 - Dados para cada DMU referentes ao ano 2010.	63
Tabela 5.3 - Dados para cada DMU referentes ao ano 2011.	63
Tabela 5.4 – <i>Inputs</i> e <i>outputs</i> comuns a todas as DMUs.....	64
Tabela 5.5 - Coeficientes de correlação dos <i>inputs</i> e <i>outputs</i>	64
Tabela 5.6 – Análise de sensibilidade com diferentes combinações de <i>inputs</i> e <i>outputs</i>	65
Tabela 5.7 – Dados estatísticos das quatro variáveis (dados do ano 2011).	67
Tabela 5.8 – Scores de eficiência para cada DMU nos anos de 2009, 2010 e 2011.	69
Tabela 5.9 – Scores de eficiência e folgas para cada DMU.	70
Tabela 5.10 - Metas de <i>input</i> e <i>output</i> para cada DMU.	73
Tabela 5.11 – <i>Benchmarks</i> para cada DMU ineficiente.	74
Tabela 5.12 – Índice de <i>Malmquist</i> e respectivos componentes no período 2009 - 2010.....	75
Tabela 5.13 – Índice de <i>Malmquist</i> e respectivos componentes no período 2010-2011.....	77

Lista de abreviaturas

AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
BCC	Banker, Charnes e Cooper
CCR	Charnes, Cooper e Rhodes
CRS	Rendimentos constantes à escala (<i>Constant Returns to Scale</i>)
DMU	<i>Decision Making Unit</i>
DRS	Rendimentos decrescentes à escala(<i>Decreasing Returns to Scale</i>)
EBT	Empresa de Base Tecnológica
FCT-UNL	Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa
GEM	<i>Global Entrepreneurship Monitor</i>
HBSC	<i>Hierarchical Balanced Scorecard</i>
IASP	<i>International Association of Science Parks</i>
IRS	Rendimentos crescentes à escala (<i>Increasing Returns to Scale</i>)
I&D	Investigação e Desenvolvimento
MI	Índice de <i>Malmquist</i> (<i>Malmquist Index</i>)
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
MMTD	Métodos multicritério de tomada de decisão
TC	Mudança de tecnologia (<i>Technological Change</i>)
TE	Eficiência técnica (<i>Technical Efficiency</i>)
TEC	Mudança de eficiência técnica (<i>Technical Efficiency Change</i>)
PTE	Eficiência técnica pura (<i>Pure Technical Efficiency</i>)
PTEC	Mudança de eficiência técnica pura (<i>Pure Technical Efficiency Change</i>)
SE	Eficiência de escala (<i>Scale Efficiency</i>)
SEC	Mudança de escala (<i>Scale Efficiency Change</i>)
SFA	<i>Stochastic Frontier Analysis</i>

Lista de símbolos

DMU_j	DMU da amostra
DMU_0	DMU da amostra em análise
$D_0^t(x_0^t, y_0^t)$	Distância da DMU_0 no período t relativa à fronteira do período t
$D_0^{t+1}(x_0^{t+1}, y_0^{t+1})$	Distância da DMU_0 no período $t+1$ relativa à fronteira do período $t+1$
$D_0^t(x_0^{t+1}, y_0^{t+1})$	Distância da DMU_0 no período $t+1$ relativa à fronteira do período t
$D_0^{t+1}(x_0^t, y_0^t)$	Distância da DMU_0 no período t relativa à fronteira do período $t+1$
m	Número total de <i>inputs</i>
n	Número total de DMUs da amostra
O_D	Conjunto de <i>outputs</i> controláveis pelas DMUs
O_N	Conjunto de <i>outputs</i> não controláveis pelas DMUs
q	Score de eficiência no modelo primal
s	Número total de <i>outputs</i>
s_i^-	Variável de folga do <i>input</i> i
s_r^+	Variável de folga do <i>output</i> r
u_r	Peso do <i>output</i> r
x_{ij}	Quantidade de <i>input</i> i consumida pela DMU_j
x_{i0}	Quantidade de <i>input</i> i consumida pela DMU_0
\hat{x}_{i0}	Meta do <i>input</i> i para a DMU_0
y_{rj}	Quantidade de <i>output</i> r produzido pela DMU_j
y_{r0}	Quantidade de <i>output</i> r produzido pela DMU_0
\hat{y}_{r0}	Meta do <i>output</i> r para a DMU_0
ε	Número infinitamente pequeno e positivo
\emptyset	Score de eficiência no modelo dual com orientação para o <i>output</i>

λ_j	Contribuição da DMU _j na meta da DMU ₀
v_i	Peso do <i>input i</i>
v_0	Variável relacionada com o tipo de rendimentos à escala no modelo BCC
x_{i0}^t	Quantidade do <i>input i</i> da DMU ₀ no período <i>t</i>
x_{ij}^t	Quantidade do <i>input i</i> da DMU _j no período <i>t</i>
x_{i0}^{t+1}	Quantidade do <i>input i</i> da DMU ₀ no período <i>t+1</i>
y_{r0}^t	Quantidade do <i>output r</i> da DMU ₀ no período <i>t</i>
y_{rj}^t	Quantidade do <i>output r</i> da DMU _j no período <i>t</i>
y_{r0}^{t+1}	Quantidade de <i>output r</i> da DMU ₀ no período <i>t+1</i>

Capítulo 1. Introdução

1.1 Enquadramento

Nos últimos anos tem-se assistido à difusão de incubadoras de empresas um pouco por todo mundo. As incubadoras podem desempenhar um papel decisivo no apoio a pequenas empresas de base tecnológica (EBT) uma vez que apostam na inovação como forma de ajudar à criação e desenvolvimento destas empresas. No entanto, ainda não é claro se a missão das incubadoras em fomentar o crescimento de EBT tem sido bem-sucedida (Colombo & Delmastro, 2002). Numa altura em que as empresas atravessam enormes dificuldades resultantes da grave crise económica que Portugal atravessa, a sua capacidade de resistência depende também da eficiência da sua gestão.

Devido à disponibilidade de recursos, as ineficiências nas grandes empresas podem passar despercebidas, contudo, o mesmo não acontece nas pequenas empresas, onde uma gestão pouco eficiente pode conduzir rapidamente ao insucesso. Uma vez que as pequenas e micro empresas constituem a tipologia geral de empresas incubadas, é importante garantir uma gestão eficiente dos recursos disponíveis. Os custos decorrentes da falta de eficiência podem comprometer a sobrevivência e crescimento das empresas incubadas, independentemente da sua área de negócios.

Neste contexto, o ambiente altamente competitivo das novas tecnologias obriga as empresas a minimizar os seus custos, continuando a fornecer produtos em qualidade e diversidade. É importante, especialmente para empresas que têm pouco tempo de vida, produzir mais e melhor, consumindo menos recursos. Assim, a avaliação de desempenho e a análise comparativa das melhores práticas (*benchmarking*) ajudam as EBT a tornarem-se mais produtivas e eficientes evitando a sua morte prematura.

Neste sentido, a técnica *Data Envelopment Analysis* (DEA) ganha grande relevância como ferramenta de avaliação da eficiência técnica nas organizações. A DEA permite avaliar a eficiência de um conjunto de unidades que convertem múltiplos *inputs* em múltiplos *outputs*. A DEA pode ser muito útil aos gestores, na medida em que, não só distingue as unidades eficientes das ineficientes, como também permite identificar as fontes de ineficiência e as unidades com melhores práticas, para que as unidades ineficientes possam melhorar o seu desempenho. Por outro lado a DEA é muito objectiva e requer poucos pressupostos. Uma das suas maiores vantagens traduz-se no facto de os *inputs* e *outputs* poderem ser medidos em diferentes unidades, não sendo necessária uma função de produção específica que relacione *inputs* e *outputs* (W. Cooper, Seiford, & Zhu, 2011a).

Tendo por base a DEA, o presente trabalho pretende destacar a importância de uma gestão eficiente nas EBT, em particular, numa fase inicial da sua vida. O sector de alta tecnologia foi seleccionado por estar associado a ciclos de vida curtos, ambientes altamente competitivos e onde a inovação desempenha um papel crucial para o seu sucesso.

1.2 Objectivos

Este trabalho tem como objectivo desenvolver um modelo DEA, que permita às EBT incubadas avaliar a sua eficiência e o seu crescimento ao longo do período de incubação.

Pretende-se avaliar a aplicabilidade do modelo proposto em contexto real, através da análise da eficiência de EBT incubadas num Parque de Ciência e Tecnologia (PCT), designadamente, o Madan Parque. Assim, um dos objectivos passa por verificar se as EBT incubadas estão a utilizar de forma eficiente os seus recursos, nomeadamente, se os seus investimentos e custos estão a ter reflexos positivos nos resultados produzidos.

Uma vez que o programa de incubação propõe como seu processo principal transformar ideias de empreendedores em empresas de sucesso, há que avaliar se o processo de incubação está a ter um impacto positivo no crescimento das empresas e se existem, ou não, desvios no caminho originalmente traçado. Um dos objectivos do presente trabalho é justamente avaliar a progressão da produtividade das empresas incubadas através do cálculo do índice de *Malmquist* e respectivos componentes.

Por fim, pretende-se destacar o contributo da DEA para uma gestão mais eficiente das EBT incubadas e incentivar a sua aplicação nesse contexto.

1.3 Metodologia

Estabelecidos os objectivos, iniciou-se o estudo com uma revisão da literatura com base na pesquisa de artigos científicos e livros relacionados com EBT, PCT, incubadoras, empreendedorismo, inovação e avaliação de desempenho.

Uma vez que neste trabalho se propõe a aplicação da técnica *Data Envelopment Analysis* (DEA) para avaliar a eficiência de EBT incubadas, fez-se uma revisão da literatura existente sobre DEA, mais concretamente no âmbito da avaliação de empresas no sector tecnológico. A informação recolhida na literatura permitiu seleccionar os *inputs* e *outputs* mais relevantes na avaliação de desempenho de EBT e, posteriormente, definir os modelos mais adequados a utilizar neste trabalho.

Para avaliar a aplicabilidade da DEA, optou-se por efectuar um caso de estudo que incidiu num conjunto de empresas incubadas no Madan Parque. A recolha dos dados necessários para aplicação do método foi efectuada por via da elaboração de um questionário.

Através da análise dos coeficientes de correlação entre *inputs* e *outputs* e uma análise de sensibilidade, foram retiradas da análise as variáveis redundantes ou que não acrescentavam valor ao estudo. Com os *inputs* e *outputs* finais seleccionados, o modelo DEA proposto foi aplicado a um conjunto de 13 empresas e foram obtidos os resultados dos scores de eficiência. Posteriormente, através de uma das extensões da DEA, o índice de *Malmquist*, estudou-se a evolução da produtividade das empresas incubadas entre o ano 2009 e 2011.

Os resultados obtidos são discutidos e, por fim, retiram-se conclusões do estudo realizado, destacando-se as vantagens da DEA na avaliação da eficiência e evolução da produtividade nas EBT incubadas.

Os resultados obtidos não seriam possíveis sem o auxílio da ferramenta *Data Envelopment Analysis Online Software* (DEAOS).

1.4 Organização da dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em seis capítulos. O capítulo 1 apresenta a introdução ao trabalho, nomeadamente, o enquadramento, objectivos, metodologia aplicada e ainda a descrição da organização do documento.

O capítulo 2 apresenta o enquadramento teórico da dissertação, com uma descrição dos principais tópicos relacionados com empresas de base tecnológica, como o empreendedorismo, inovação e a relação com as universidades. São ainda referidas as principais funções e características dos PCT e das incubadoras de empresas, bem como a sua importância no desenvolvimento de EBT. Uma breve revisão no que diz respeito à avaliação de desempenho de EBT é também incluída neste capítulo.

No capítulo 3 é feita uma caracterização geral da técnica *Data Envelopment Analysis*. São abordados os principais modelos da DEA e ainda dois modelos que permitem avaliar o desempenho ao longo do tempo, onde se destaca o índice de *Malmquist*. São ainda referidas algumas extensões da DEA e é feita uma revisão da literatura acerca da aplicação da DEA na avaliação de desempenho de empresas no sector tecnológico.

No capítulo 4 são propostos modelos DEA que permitam exemplificar a aplicação da técnica na avaliação da eficiência e da produtividade das EBT incubadas. São ainda abordados os principais *inputs* e *outputs* que podem influenciar o desempenho das EBT.

No capítulo 5 é caracterizada a incubadora onde foi aplicado o modelo proposto anteriormente. É abordada a metodologia utilizada para recolha de dados e são apresentados os dados recolhidos. Posteriormente, seleccionam-se os *inputs* e *outputs* finais a incluir no modelo e, por fim, é feita a análise e discussão dos resultados obtidos na aplicação dos modelos.

No capítulo 6, listam-se as principais conclusões resultantes do estudo realizado e propõem-se desenvolvimentos futuros.

Capítulo 2. Empresas de base tecnológica

2.1 Enquadramento

As empresas de tecnologia contribuem para o crescimento económico e para o aumento da produtividade através do desenvolvimento de novas indústrias, produtos e processos inovadores. Estes indicadores confirmam o papel fulcral destas empresas nas economias modernas (Grinstein & Goldman, 2006). O estímulo à formação e crescimento de EBT tornou-se, portanto, cada vez mais importante para a saúde das economias desenvolvidas em geral.

Não existe uma definição consensual para as empresas de base tecnológica e alguns autores aplicam o termo EBT a uma ampla população de empresas. Oakey, Rothwell, & Cooper (1998), definiram EBT como “pequenas empresas com maior potencial inovador do que as grandes empresas e as pequenas empresas, em geral”. As pequenas empresas têm frequentemente um papel importante nas indústrias caracterizadas por uma taxa elevada de crescimento e transformação tecnológica (Lindelöf & Löfsten, 2003).

As principais características das EBT são (Grinstein & Goldman, 2006): (a) alta percentagem de funcionários engenheiros e investigadores; (b) rápida taxa de crescimento e um mercado mundial para os seus produtos; (c) inovação e tecnologia avançada nos produtos e serviços; (d) investir pelo menos 3% das receitas em actividades de Investigação e Desenvolvimento (I&D).

As EBT são um elemento crucial na criação e na transferência de conhecimento em redes de inovação. A eficiência das EBT pode ser determinada através dos dados de *outputs* como as vendas, inovação ou criação de emprego, no entanto, focalizar a avaliação apenas nestes parâmetros pode subestimar a sua importância (Pérez & Sánchez, 2003).

Muitos autores utilizaram um critério de "associação" como uma substituição para uma definição específica de EBT. Assim, uma empresa seria identificada como uma EBT quando pertencia a uma indústria "comumente reconhecida" como "tecnológica". As indústrias de alta tecnologia têm três características comuns: uma forte base técnico-científica, novas tecnologias substituindo rapidamente as antigas, e aplicações de tecnologias avançadas para a criação de mercados, indo de encontro às exigências (Shanklin & Ryans, 1987). O termo “alta tecnologia”, normalmente, está relacionado com sistemas avançados de computador, tecnologias de informação, sistemas de redes sofisticados, telecomunicações ou *software* (Wu, Chen, & Chuang, 2011). Muitos destes autores baseiam a sua escolha neste critério de classificação no trabalho de Pavitt (1984). Especificamente, Pavitt caracterizou e classificou as indústrias de acordo com seus "regimes tecnológicos" e identificou três sectores tecnologicamente distintos: um que consiste em empresas com altos níveis de I&D destinadas a inovações de produto, um

que inclui empresas com altos níveis de I&D orientadas para processos de inovação e redução de custos e uma terceira, que inclui empresas com baixos níveis de I&D e competências limitadas em engenharia.

Uma série de medidas têm sido adoptadas pelos governos nacionais para criar um ambiente favorável para as EBT. Ao mesmo tempo, tais medidas têm sido muitas vezes consideradas como um meio de revitalizar regiões europeias em declínio através do desenvolvimento de EBT. Desta forma, destaca-se o papel preponderante dos Parques de Ciência e Tecnologia (PCT) e das Incubadoras de Empresas. O investimento público e privado nos PCT e incubadoras tem aumentado significativamente dado o reconhecimento da sua importância para o desenvolvimento e amadurecimento das EBT (Phan, Siegel, & Wright, 2005).

Apesar do desempenho e contributo das EBT para a economia, existem factores que podem comprometer o seu potencial económico como, por exemplo, a capacidade de gestão, vendas ou marketing. Assim, o sucesso das EBT depende em parte da qualidade dos recursos de gestão oferecidas pelos PCT e das fontes de capital e empréstimos (Monck, Porter, Quintas, Storey, & Wyncarczyk, 1988).

Os empreendedores são, muito provavelmente, mais susceptíveis a instalar-se num PCT do que fora dele. Além disso, em termos de desempenho das EBT, torna-se mais importante o facto de estas pertencerem ao sector de alta tecnologia do que propriamente estarem, ou não, localizadas num PCT (Löfsten & Lindelöf, 2002). No entanto, Siegel, Waldman, & Link (2003), analisaram a produtividade de pesquisa em empresas localizadas em PCT e empresas comparáveis localizadas fora destas instalações e os seus resultados sugerem que as empresas localizadas em PCT são realmente mais eficazes do que as empresas localizadas fora do mesmo, em termos de criação de novos produtos, serviços e patentes.

2.2 O papel dos Parques de Ciência e Tecnologia e Incubadoras de Empresas

Como referido no capítulo anterior, uma das abordagens mais populares face à emergência do desenvolvimento da economia do conhecimento tem sido a de fomentar a criação e progresso de PCT e incubadoras. Neste capítulo pretende-se abordar as funções, objectivos e conceitos mais relevantes dos PCT e incubadoras.

O primeiro PCT remonta a 1950 e foi criada em Stanford, Estados Unidos. O PCT de Cambridge foi o primeiro exemplo europeu ainda nos anos 60 (Sofouli & Vonortas, 2007). Desde as primeiras iniciativas no final de 1960 e início de 1970, o número de PCT tem vindo a crescer rapidamente em todos os países europeus. Os PCT europeus têm sido muitas vezes criados através de parcerias entre instituições governamentais nacionais e locais, empresas privadas e

universidades (Colombo & Delmastro, 2002). Na Tabela 2.1 encontra-se um resumo da localização, missão e dos intervenientes dos PCT nas últimas décadas.

Tabela 2.1 - A evolução da estrutura e da missão dos PCT (com foco na situação europeia) (Bigliardi, Dormio, Nosella, & Petroni, 2006).

Período	Estrutura e localização	Missão	Intervenientes
1960 – 1970	Localizados perto de campus universitários	Desenvolvimento da inovação industrial entre investigador académico e parceiros industriais	Departamentos universitários e laboratórios de I&D. Investigadores
1970 – 1980s	Localizados dentro de fábricas abandonadas, incubadoras	Re-industrialização de áreas abandonadas	Organizações locais, Universidades
Após 1990	Localizados perto de universidades, fábricas abandonadas	Desenvolvimento de inovação dentro das empresas numa área específica	Universidades, autarquias, governo central

Não existe uma única definição de PCT, existindo várias expressões similares para descrever este tipo de infra-estrutura como, por exemplo, Parques de Pesquisa, Parques Tecnológicos, Parques de Negócios ou Parques de Inovação (Monck, et al., 1988).

Segundo Sofouli & Vonortas (2007) de entre as múltiplas definições destaca-se a da *International Association of Science Parks* (IASP), que considera que os PCT “são espaços geridos por especialistas, que têm como principal objectivo aumentar a riqueza da comunidade através da promoção da cultura de inovação e competitividade de empresas baseadas na tecnologia e no conhecimento. Para permitir que esses objectivos sejam concretizados, um PCT tem que promover e gerir o fluxo de conhecimento e tecnologia entre Universidades, instituições de I&D, empresas e o mercado facilitando, assim, a criação e o crescimento de empresas inovadoras através de processos de *start-up* e/ou *spin-off*. Deverá ainda oferecer outros serviços de valor acrescentado, em espaços e instalações de elevada qualidade.”

Monck et al. (1988), definiram PCT como uma infra-estrutura com estreitas ligações à universidade, destinadas a promover empresas apoiadas no conhecimento, através da disponibilização de transferência de tecnologia e serviços de apoio às empresas. Os PCT são fontes de talento, empreendedorismo e competitividade económica e são elementos-chave de apoio ao crescimento da economia. Os PCT melhoram, portanto, o desenvolvimento, transferência e comercialização de tecnologia.

Segundo Westhead (1997), os PCT contribuem para a inovação tecnológica resultante da pesquisa científica, e podem fornecer o ambiente ideal para transformar a pesquisa e o conhecimento em produtos comercializáveis. É expectável que os PCT desempenhem um papel de renovação da inovação e da indústria. O lançamento de novos produtos e a exploração de novos mercados é, portanto, o principal objectivo para a grande maioria dos PCT que trabalham com uma política de I&D (Löfsten & Lindelöf, 2002). Outro dos objectivos decorrentes da criação de PCT é proporcionar uma infra-estrutura de apoio técnico, logístico e administrativo que uma empresa jovem precisa para entrar num mercado em crescente competitividade (Guy, 1996).

Os PCT promovem o crescimento económico a nível regional e nacional. Além disso, os PCT podem ter um papel dinamizador do comportamento empreendedor em contexto académico. O ambiente estimulante de um PCT deve facilitar as transições da investigação universitária para o incerto e arriscado ambiente dos negócios (Dierdonck & Debackere, 1990).

Por vezes é difícil avaliar a eficácia dos PCT porque os objectivos dos diferentes parceiros nos parques podem diferir consideravelmente. Enquanto uma universidade pode estar interessada em aumentar os lucros através da promoção de actividades ligadas aos seus interesses de investigação próprios, e tirar partido de vantagens em novas oportunidades de negócio, um banco poderá ter um conjunto de interesses estritamente comercial com base em investimentos no parque, ou nas suas empresas constituintes (Löfsten & Lindelöf, 2002).

A proximidade de universidades e outros centros tecnológicos oferece às empresas localizadas no PCT o acesso mais fácil ao conhecimento científico e resultados da investigação, facilitando, assim, a transferência de investigação em aplicações comerciais. Este argumento tem por base a evidência dos Estados Unidos, onde as repercussões da pesquisa académica têm favorecido a actividade inovadora das empresas locais (Colombo & Delmastro, 2002).

Existem algumas características comuns aos PCT, especialmente no que diz respeito às "declarações de missão" em causa (Bigliardi, et al., 2006):

- Promover a interacção entre o meio industrial e académico;
- Promover a criação de *spin-offs* académicas (através de incubadoras);
- Realizar programas de renovação da indústria por substituição de tecnologias de produto obsoletas ou em declínio;
- Promover a fundação de novas empresas (*start-ups*) sem a colaboração das estruturas universitárias;
- Realização de programas de transferência de tecnologia para fortalecer as empresas localizadas numa determinada área;
- Realizar programas de formação destinados a desenvolver e gerir tecnologias emergentes;
- Realizar programas de formação na área de "gestão de ciência e tecnologia";

- Prestar serviços de gestão para as empresas instaladas no parque.

Desta forma os PCT incentivam e facilitam a formação e crescimento de empresas baseadas no conhecimento, desempenhando um papel de “incubadora” (Chan & Lau, 2005). Geralmente, as incubadoras encontram-se inseridas dentro do PCT, e são destinadas a EBT, bem como laboratórios de pesquisa que podem pertencer ao parque, a instituições parceiras (académica ou não académica), instituições sem fins lucrativos ou outro tipo de empresas (Colombo & Delmastro, 2002).

O *Batavia Industrial Center*, fundado em 1959 por Joseph Mancuso no estado de Nova Iorque, é muitas vezes considerado como a primeira incubadora no mundo, e ainda está em funcionamento. Os pioneiros europeus em incubadoras no final da década de 1960 foram as universidades de Edimburgo, Cambridge e Oxford, seguido, no início de 1980, por alguns projectos na Alemanha (Serazzi, 2005).

Ao longo dos últimos vinte anos, cada vez mais importância tem sido atribuída às incubadoras como mecanismos para melhorar o desenvolvimento económico e tecnológico dos países, promovendo o despoletar de ideias promissoras e incentivando o crescimento das empresas recém-criadas (Grimaldi & Grandi, 2005).

No que diz respeito às incubadoras, a IASP, define-as como “espaços que acolhem jovens empresas, ajudando-as a sobreviver e a crescer durante o seu início de actividade, altura em que estão mais vulneráveis às circunstâncias do mercado. As incubadoras prestam serviços de apoio na área da gestão, no acesso ao financiamento e no suporte e apoio técnico necessário, oferecendo instalações e equipamentos partilhados pelas várias empresas, de uma forma flexível e expansível, tudo debaixo da mesma infra-estrutura.”

Nos dias de hoje é cada vez mais pertinente o recurso à incubação de empresas pois a entrada no mercado empresarial acarreta grandes dificuldades, sendo a mortalidade das empresas nos primeiros anos de vida muito elevada. Segundo um estudo de Bracker & Pearson (1986), apenas 35% das empresas sobrevivem aos primeiros cinco anos de vida.

O objectivo da incubadora é, assim, aumentar a probabilidade de sobrevivência das empresas incubadas e acelerar o seu desenvolvimento, fornecendo serviços de valor acrescentado (Mian, 1996). Uma vez que o processo de incubação passa por diferentes etapas, a missão e os procedimentos operacionais de uma incubadora variam ao longo do tempo.

Os serviços prestados pelas incubadoras podem ser geralmente divididos em apoio estrutural básico e apoio estrutural em tecnologia específica. Exemplos típicos de apoio estrutural básico incluem serviços de escritório partilhado, assistência empresarial, rendas acessíveis, redes de negócios, acesso ao capital, assistência jurídica e contabilidade, e aconselhamento sobre práticas de gestão. Por outro lado o apoio estrutural em tecnologia específica apresenta os

seguintes serviços: computadores, actividades de I&D, programas de transferência de tecnologia e aconselhamento em propriedade intelectual (R. Hisrich & Smilor, 1988).

No entanto, existem quatro componentes que têm recebido atenção especial em pesquisas anteriores (Colombo & Delmastro, 2002):

- Espaço de escritório compartilhado, que é alugado em condições mais ou menos favoráveis para as empresas incubadas;
- Um conjunto de serviços de apoio comuns para reduzir os custos gerais;
- Apoio às empresas ou aconselhamento profissional (*coaching*);
- Oferta de uma rede interna e/ou externa.

Os PCT e Incubadoras são, portanto, as organizações intermediárias que providenciam o ambiente social, recursos tecnológicos e organizacionais, e conhecimentos em gestão que permitem transformar uma ideia de negócio de base tecnológica numa organização economicamente eficiente (Phan, et al., 2005). A incubadora não deve ser confundida como PCT, que são geralmente projectados para o apoio de empresas mais maduras. Assim, os PCT e incubadoras inserem-se em diferentes contextos ambientais e institucionais, que são igualmente dinâmicos (Bergek & Norrman, 2008).

De notar que os PCT e Incubadoras são frequentemente resultado de parcerias público-privadas, o que significa que múltiplos intervenientes têm uma grande influência sobre os seus procedimentos operacionais (Phan, et al., 2005). Desta forma, os PCT e incubadoras devem ser avaliados de acordo com a sua missão, promotores e contexto regional, e o seu sucesso pode ser definido como o desempenho em cada impacto esperado. Por exemplo, um crescimento positivo em termos de emprego e volume de negócios das empresas pode ser visto como sucesso. Os serviços oferecidos têm, também, uma influência positiva no desempenho de PCT (Ratinho & Henriques, 2010).

PCT e incubadoras em Portugal

O fenómeno dos PCT e incubadoras em Portugal é relativamente recente, datando do início dos anos 90. No entanto, desde o final dos anos 90 tem-se vindo a observar o aparecimento de uma nova vaga de PCT e incubadoras. Os PCT e incubadoras portuguesas têm bastantes características em comum (Ratinho & Henriques, 2010):

- São promovidas de forma colaborativa por autoridades locais ou regionais, universidades e organizações privadas (empresas, associações industriais, etc);
- Estão localizadas próximo das grandes cidades e em grandes centros urbanos;
- São financiadas predominantemente por fundos públicos (União Europeia, governo ou autoridades locais), beneficiando, também, de incentivos de programas nacionais;

- Na generalidade, os PCT e incubadoras acolhem empresas de qualquer sector de actividade.

A Tecparques, Associação Portuguesa de Parques de Ciência e Tecnologia, tem como objectivo a promoção e valorização dos PCT e da sua interacção com outras organizações, quer nacionais quer internacionais, que visem a modernização do tecido empresarial pela via da inovação de base tecnológica e da transferência de conhecimento (Tecparques, 2012).

De notar que a grande maioria dos PCT e incubadoras em Portugal tem algum tipo de ligação a universidades ou outros centros tecnológicos.

2.3 A importância do empreendedorismo e inovação

Foi Schumpeter (1934) o primeiro autor a atribuir à inovação e ao empresário um papel preponderante no processo de desenvolvimento. É de interesse notar que a definição de Schumpeter de um empreendedor é a mesma de um inovador.

A importância do empreendedorismo como factor significativo na eficiência organizacional é largamente referida na literatura. O empreendedorismo de ontem não tem nada a ver com o empreendedorismo actual. O sector das telecomunicações é um bom exemplo. A rádio levou 38 anos a atingir um total de 50 milhões de ouvintes. Mais recentemente a *Internet*, demorou cinco anos a atingir o mesmo número de utilizadores. Os desenvolvimentos das tecnologias, a globalização e a rede de comunicações tornam o mundo de hoje propício para os empreendedores (Sarkar, 2010).

Hisrich & Peters (2004), definem o empreendedorismo como “o processo de criar algo novo com valor, dedicando o tempo e o esforço necessários, assumindo riscos financeiros, psíquicos e sociais correspondentes, recebendo as consequentes recompensas da satisfação e independência económica e pessoal”.

De acordo com o *Global Entrepreneurship Monitor*¹ (GEM), o empreendedorismo abrange a criação de novos negócios e o desenvolvimento de novas oportunidades em organizações já existentes. O empreendedorismo encontra-se no centro da política económica e industrial, uma vez que contribui para a criação de uma cultura empresarial dinâmica, onde as empresas procuram progredir na cadeia de valor, num ambiente económico global.

Note-se que a taxa de desemprego e a actividade económica portuguesa têm sido fortemente afectados pela propagação dos efeitos negativos da crise económico-financeira internacional.

¹ O projecto *Global Entrepreneurship Monitor* (GEM - www.gemconsortium.org) é o maior estudo independente de empreendedorismo realizado em todo o mundo. O principal objectivo passa por analisar a relação entre o nível de empreendedorismo e o nível de crescimento económico, bem como determinar as condições que estimulam e travam as dinâmicas empreendedoras em cada país participante.

Para fazer face a esta problemática é necessário incentivar o empreendedorismo, uma vez que a recuperação e o desenvolvimento da economia nacional passam fortemente pelo surgimento de empreendedores, capazes de identificar e aproveitar oportunidades, investir, gerar riqueza e emprego (Relatório GEM Portugal, 2010).

Schumpeter (1934), descreve o papel do empreendedor como o de reformar ou de revolucionar o padrão de produção explorando uma invenção ou, de modo mais geral, um método tecnológico não experimentado, para produzir um novo bem ou um bem antigo de uma nova forma.

De acordo com os investigadores Morris & Jones (1999), os empreendedores devem estar aptos a realizar cinco tarefas:

- Identificar e avaliar uma oportunidade;
- Definir um conceito de negócio;
- Identificar os recursos necessários;
- Adquirir os recursos necessários;
- Implementar o negócio.

Para se realizarem estas tarefas de forma efectiva, os autores defendem que o empreendedor deve utilizar o conhecimento do negócio em áreas como as vendas, *marketing*, gestão do trabalho, finanças, contabilidade e pensamento estratégico. Hood & Young (1993), defendem ainda que os que tem uma formação em engenharia apresentam uma vantagem, dada a importância da tecnologia e das suas alterações em muitas das empresas que mais crescem no mundo.

Por outro lado, Drucker (1985), escreve que os empreendedores são indivíduos inovadores: “A inovação é o instrumento específico dos empreendedores, o meio pelo qual eles exploram a mudança como uma oportunidade para um negócio ou serviço diferente”.

Schumpeter refere igualmente que o empreendedor está intrinsecamente ligado à inovação. Entre os elementos mais conhecidos do estudo de Schumpeter, encontra-se a sua lista de cinco tipos de inovação no contexto dos negócios (Kurz, 2008):

- Introdução de um novo produto;
- Introdução de um novo método de produção;
- Abertura de um novo mercado;
- A aquisição de uma nova fonte de oferta de aquisição de materiais;
- A criação de uma nova empresa.

De facto, a inovação, isto é, o acto de lançar algo novo, é uma das mais difíceis tarefas para qualquer empreendedor, pois exige capacidade de entender todas as potencialidades do ambiente envolvente. Contudo, a sobrevivência das empresas está fortemente relacionada com as

suas competências para inovar, sobretudo em mercados competitivos e em sectores sujeitos a turbulência e rápidas mudanças (Sarkar, 2010).

De acordo com Schumpeter (1934), inovar consiste em fazer diferente ou criar novas combinações de *inputs*, com o intuito de chegar a uma solução melhor do que as existentes, em que os novos produtos tornam obsoletas as empresas que continuam a produzir os velhos e não se adaptam.

Resumindo, as empresas devem desenvolver novos produtos e serviços para otimizar os seus resultados. Face à instabilidade que actualmente se vive no mercado em geral, as empresas devem desenvolver novas ideias e conceitos para consolidar a sua liderança. É através da inovação que as empresas podem criar valor e diferenciar os seus produtos e serviços da concorrência.

Além disso, o empreendedorismo relacionado com a criação de empresas, terá de ter a ver com empresas de inovação (Sarkar, 2010). Esta abordagem é bastante importante de forma a não correr o risco de cair na definição de empreendedorismo só como auto-emprego. Neste contexto, o empreendedorismo académico tem-se revelado de enorme importância para o processo regenerador da inovação no século XXI.

O princípio básico por trás do empreendedorismo académico é que uma vasta gama de pesquisa científica tem lugar dentro de universidades, e alguns dos resultados da pesquisa podem ter aplicações comerciais capazes de gerar receita para as universidades. Essa tendência das universidades actuarem como um catalisador para a actividade empresarial e, também, como agentes geradores de receitas, é o cerne do fenómeno do empreendedorismo académico (Chrisman, Hynes, & Fraser, 1995).

O empreendedorismo académico é definido como a tentativa de aumentar o lucro individual ou institucional, influência ou prestígio através de desenvolvimento de investigação de ideias de *marketing* ou de produtos com base em investigação (Louis, Blumenthal, Gluck, & Stoto, 1989).

Alguns aspectos empreendedores, tais como identificação de oportunidades, assumir riscos e mobilização de recursos têm sido apontados como factores críticos para o sucesso de *spin-offs* académicas, onde se acredita que uma orientação empreendedora estimula o crescimento e o desempenho económico (Steffensen, Rogers, & Speakman, 2000).

O empreendedorismo é, assim, considerado fundamental para colmatar as lacunas entre a pesquisa e o mundo dos negócios. Com base nessa premissa, representantes do governo, indústria e ciência têm desafiado cada vez mais os académicos para transferir os seus resultados de pesquisa para as empresas (Doutriaux, 1987).

Em suma, as palavras “empreendedorismo” e “inovação”, transmitem a possibilidade de abrir novos mercados, possibilitando maior eficiência e crescimento económico.

2.4 Relação com as Universidades: desenvolvimento de *spin-offs* académicas

Nos últimos anos, as instituições académicas têm sido associadas ao crescimento das EBT. O investimento no desenvolvimento de EBT revela-se de enorme importância para a criação de novas oportunidades de emprego, sendo para isso necessário grandes níveis de crescimento destas empresas. Desta forma, as universidades têm um papel chave na revitalização e no desenvolvimento das economias locais. As universidades e centros tecnológicos são, por isso, importantes fontes de novos conhecimentos científicos (Löfsten & Lindelöf, 2002).

As incubadoras universitárias são uma ferramenta de desenvolvimento de empresas modernas adoptadas por algumas universidades, de forma a fornecer suporte para a criação de EBT. As incubadoras universitárias, localizadas dentro ou próximo dos campus universitários, oferecem preços de renda mais baixos, espaço flexível e uma variedade de serviços típicos de incubadoras e relacionados com a universidade (Mian, 1996).

Numa perspectiva de redes, as empresas localizadas em PCT são mais susceptíveis de ter ligações com as universidades locais e desenvolver algum tipo de relacionamento organizacional entre elas devido à proximidade geográfica (Jou & Chen, 2001). A partilha de conhecimentos entre EBT do mesmo ramo é outra vantagem que cada empresa na incubadora pode obter. No caso das EBT envolvidas em várias partes da cadeia de valor, elas vão ter maior possibilidade de efectuar alianças a montante ou a jusante, uma vez que o PCT lhes oferece uma boa plataforma para trabalharem juntas (Chan & Lau, 2005).

O ambiente de apoio e a capacidade de liderança organizacional inerentes às instituições de ensino superior/incubadoras são cruciais não só para a formação de uma nova empresa, mas também para a sobrevivência e desenvolvimento da organização (Lorenzoni & Ornat, 1988). As universidades têm demonstrado ser instituições dinamizadoras nas suas regiões em termos de empregabilidade e actividade económica. Muitas universidades criaram PCT e incubadoras para promover a criação de empresas *start-ups* com base em tecnologias pertencentes à própria universidade. A existência de uma relação formal com o PCT, pode trazer benefícios à universidade como, por exemplo, a inclusão de alunos no mercado de trabalho e um recrutamento e retenção mais fácil dos chamados “cérebros” (Link & Scott, 2003).

As universidades desempenham um papel preponderante na estimulação do espírito empreendedor, incentivando a criação de *start-ups* inovadoras e a inovação dos processos produtivos em empresas já existentes através da criação de *spin-offs*. A relação de proximidade entre incubadoras e universidades é fundamental para a comercialização do conhecimento e da pesquisa, que por sua vez impulsionam o crescimento económico (Etzkowitz, 2001).

Sendo Portugal um país onde predominam as pequenas e médias empresas, e dadas as limitações que estas enfrentam relativamente à sua capacidade de inovação, faz sentido olhar para as universidades como potenciais produtoras e exportadoras de conhecimento. A investigação universitária é impulsionadora da inovação e criatividade e, consequentemente, as empresas saem beneficiadas com esta partilha de conhecimentos, reflectindo-se positivamente no seu desempenho. Assim, as universidades devem ser vistas como um elemento estratégico no desenvolvimento económico.

Além disso, a tese *Triple Helix* refere que a interacção entre universidade-indústria-governo é a chave para a inovação numa sociedade baseada no conhecimento. O *Google*, *Lycos* ou *Genentech*, são alguns exemplos de empresas, hoje mundialmente conhecidas, com origem em universidades. Também o *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), é conhecido pela sua eficaz política de promoção ao empreendedorismo entre estudantes e investigadores. De acordo com o MIT, antigos alunos e professores fundaram mais de 5000 empresas que empregam 1,1 milhões de pessoas e apresentam vendas anuais de mais de 230 biliões de dólares. Aproximadamente metade destas empresas foram criadas por pessoas com licenciatura há menos de 15 anos, verificando-se que uma em cada 6 empresas é criada por pessoas com licenciatura há 5 anos. Gigantes como a *Intel*, *Texas Instruments*, *Hewlett.Packard* ou *Gillete* foram criadas no seio do MIT. As universidades portuguesas tendem a separar-se do mundo dos negócios, e a investigação “pura” continua a beneficiar de um maior prestígio que a pesquisa científica aplicada directamente nas empresas. Regra geral, as universidades ensinam os seus estudantes a “como pensar” e não em “como fazer dinheiro” (Sarkar, 2010).

Existem três mecanismos através dos quais as universidades e os seus investigadores transferem conhecimento, nomeadamente, conferências e publicações científicas, a formação de equipas qualificadas e a “comercialização” do conhecimento por via de actividades de consultoria, contractos de investigação com a indústria, patenteamento e a formação de *spin-offs*. A forma mais evidente de “comercialização” da investigação universitária traduz-se nas empresas *spin-offs* das universidades (Landry, Amara, & Rherrad, 2006).

Uma *spin-off* pode ser considerada um mecanismo de transferência de tecnologia, porque geralmente é formada para comercializar uma tecnologia que tem origem num laboratório público de I&D, uma universidade ou uma empresa privada (Carayannis, Rogers, Kurihara, & Allbritton, 1998).

Pérez & Sánchez (2003), definem *Spin-offs* como entidades que contribuem para a transferência de tecnologia em dois estágios. Um primeiro, em que a transferem das suas organizações de origem para si mesmas, e um outro em que a transferem para os seus consumidores.

De acordo com Steffensen et al.(2000), *spin-off* é uma empresa que surge de uma outra organização em que geralmente um empregado (ou empregados) deixa(m) a organização levando consigo uma tecnologia que serve como bilhete de entrada da nova empresa. *Spin-offs*

são também conhecidas como “*start-ups*” e “*spin-outs*”. As *spin-offs* podem ser vistas como novas entidades que gerem recursos com origem em organizações principais, enquanto os recursos de *start-ups* têm origem maioritariamente nos próprios empreendedores e não têm qualquer ligação com outra empresa. As *spin-offs* são caracterizadas como empresas nas quais as qualificações académicas, resultados de investigação, métodos científicos e outras capacidades, desempenham um papel fundamental (Sarkar, 2010).

A comercialização de novas tecnologias é, frequentemente, caracterizada por uma intensa competição por inovação. Muitas das vezes as *spin-offs* vêem-se forçadas a desenvolver os seus próprios mercados, uma vez que o produto ou serviço oferecido é direccionado para as necessidades de um pequeno grupo de consumidores (Walter, Auer, & Ritter, 2006). Assim, a fidelização de consumidores de outras empresas, pode traduzir-se no grande desafio na exploração dos mercados por parte das *spin-offs*.

Uma empresa *spin-off* tem como principal objectivo a criação de novos produtos ou serviços, a partir de ideias, inovações ou estudos com origem em outras empresas ou universidades. Os fundadores são na grande maioria engenheiros ou investigadores, com alguma experiência empresarial e marketing. Para uma empresa ser considerada *spin-off* deve incluir a transferência de conhecimento da organização já existente para a nova empresa. Em alguns casos, a organização principal ajuda a criar deliberadamente uma nova empresa, como parte da estratégia de negócios. As novas empresas podem oferecer diversos benefícios para a empresa já existente. Uma nova empresa pode despoletar novas ideias e inovações que são difíceis de estabelecer na empresa existente. As *spin-offs* podem ser classificadas consoante o tipo de organização da qual tiveram origem e o sítio onde o empreendedor obteve as suas experiências (Bhide, 2003; Pérez & Sánchez, 2003). Uma das categorias que tem vindo a destacar-se nos últimos anos é a académica.

Uma *spin-off* académica pode ser vista a partir de diferentes perspectivas: como fontes de emprego (Pérez & Sánchez, 2003), como mediadores entre pesquisa básica e aplicada que permitem aos clientes competir na vanguarda tecnológica (Autio, 1997), contribuem para uma maior eficiência da inovação (Rothwell & Dodgson, 1993), e para o desenvolvimento económico das regiões (Mian, 1997).

As *spin-offs* académicas são uma categoria muito heterogénea de empresas inovadoras e de base tecnológica, incluindo conceitos de negócio bastante diferentes, que vão desde empresas de serviços até à criação de tecnologia inovadora, possuindo assim diferentes perspectivas de crescimento e desenvolvimento (Druihe & Garnsey, 2004).

De acordo com Oakey (1995), as duas principais fontes de *spin-offs* são instituições de ensino superior e empresas industriais. Embora estes dois tipos de *spin-offs* tenham muito em comum, existem diferenças consideráveis. Por exemplo, enquanto uma empresa privada muitas vezes

tenta manter a investigação e tecnologia dentro da empresa, uma universidade muitas vezes incentiva a transferência dos resultados a serem usados fora da universidade.

Roberts & Malone (1996) identificaram quatro entidades principais envolvidas no processo das *spin-offs*, mas vale salientar que um mesmo indivíduo ou organização pode desempenhar mais do que um papel:

- O criador tecnológico, é a pessoa ou organização que traz a inovação tecnológica através de um processo de desenvolvimento inovativo até o ponto em que a transferência desta tecnologia pode ser iniciada.
- A organização de origem, onde ocorrem as actividades de I&D para criar a inovação tecnológica, e que providenciam às *spin-offs* assistência em patenteamento da inovação, licenciamento tecnológico etc.
- O empreendedor, leva a tecnologia gerada pelo criador tecnológico na tentativa de criar uma nova empresa a partir dela.
- O investidor, que fornece os recursos financeiros para estabilizar a *spin-off* e que pode providenciar alguns conhecimentos administrativos.

Walter, Auer, & Ritter (2006), mencionam, como potenciais factores de sucesso das *spin-offs*, a combinação das ambições empreendedoras e as capacidades de mercado. Outro factor de sucesso das *spin-offs* verifica-se ao nível do conhecimento dos seus parceiros. Esta relação de proximidade permite evitar eventuais instabilidades nas suas parcerias através da formulação de rotinas de troca apropriadas (Sarkar, 2010).

Por outro lado, a capacidade das *spin-offs* em estabelecer fortes e importantes conexões com fornecedores, consumidores, instituições de investigação e autoridades locais, pode também, influenciar significativamente o seu crescimento (Walter, et al., 2006). A capacidade de formar redes surge, assim, como a chave para a continuidade das *spin-offs*. Neste pressuposto, Benneworth & Charles (2005), consideram estar em falta um mecanismo que fundamente o raciocínio intuitivo, através do qual, uma rede de relações se pode tornar um activo ou um recurso de inovação. Os autores defendem, também, que os indivíduos nas universidades aprendem a trabalhar com as empresas, trabalhando com *spin-offs* e, numa fase seguinte, ao trabalharem com outras empresas colocam à disposição das empresas locais conhecimento técnico de base académica.

A criação de *spin-offs* pode ter um impacto socio-económico positivo a nível regional. De acordo com Benneworth & Charles (2005), as *spin-offs* valorizam, potencialmente, o território onde se localizam pelo seguinte:

- São empregadores no ramo das novas tecnologias que pagam bons salários e promovem o empreendedorismo;

- Edificam a tecnologia, em termos globais, e o conhecimento dos clientes através da criação de redes de acesso a financiamento, vendas e marketing;
- Mantêm ligações próximas com a instituição de origem, através da detenção de acções, de incubadoras, de actividades de transferência de tecnologia, de recrutamento e colaboração em investigação;
- São fontes de empreendedores, cujo empreendedorismo em matéria tecnológica, pode transformar toda a economia regional;
- Estimulam a criação de serviços de assistência a negócios e infra-estruturas, beneficiando outras *start-ups*.

Os primeiros três aspectos representam benefícios directos relativos ao tipo de empresa que as *spin-offs* tendem a ser. Por outro lado, os dois últimos aspectos apresentam um conjunto de vastos benefícios territoriais indirectos que as universidades conferem à região onde se localizam.

2.5 Relação com I&D e Inovação

A inovação, especialmente para EBT, tem sido considerada como um impulso crucial para a rentabilidade das empresas e o seu crescimento em ambientes altamente competitivos. A competitividade feroz no sector das novas tecnologias obriga as empresas a introduzir novos produtos, elevar a produtividade e reduzir custos sob pena de virem a “morrer”. Resumidamente, é necessário inovar.

Ao nível empresarial, existe uma correlação positiva entre os esforços de inovação (medidos por despesas em I&D) e os resultados. Um estudo do *British Department of Trade and Industry* (DTI), *The R&D Scoreboard 2007*, identifica as relações entre o I&D e o desempenho das empresas na criação de eficiência, no crescimento das vendas e na capitalização do mercado (Sarkar, 2010).

A pesquisa conduzida por Guan, Mok, Yam, Chin, & Pun (2006) adoptava a proporção de inovação, expressa como o número de produtos inovadores, dividido pelo número total de produtos, como a variável de medição do desempenho da inovação.

Alguns economistas defendem que uma forma de os países industrializados competirem directamente com economias emergentes, que têm custos de trabalho significativamente mais baixos das indústrias de serviços, passa pelo aumento no investimento em I&D. De acordo com os estudos anteriores foi demonstrado que, a longo prazo, a competitividade internacional de um país pode ser determinada pela capacidade de adoptar novas tecnologias (Wu, et al., 2011). Para as EBT, a existência de uma situação de elevada concorrência poderá ser benéfica, estimulando a inovação de produtos, serviços, técnicas e processos permitindo, desta forma, que consigam permanecer no mercado.

Isto implica que a capacidade em I&D e a inovação desempenham um papel mais importante do que nunca, uma vez que ajudam as organizações, especialmente empresas de alta tecnologia, a ajustarem-se num nicho de mercado e, conseqüentemente, contribuírem para a economia (Guan, et al., 2006). Por outro lado, os mercados de alta tecnologia são caracterizados por ciclos de vida curtos e altas taxas de produção de novos produtos que incorporam novas gerações de tecnologia. Em particular, as EBT enfrentam uma competição intensiva e um ambiente de mercado dinâmico. Diante de um ambiente competitivo, as EBT devem ter como principal objectivo manter a sua eficiência e produtividade de I&D para garantir vantagens competitivas e de sobrevivência (Wang, Lu, Huang, & Lee, 2013). Assim, incentivar um maior investimento efectivo em I&D é fundamental como parte do processo de inovação para dominar os mercados de alta tecnologia.

2.6 Avaliação de desempenho das EBT

A avaliação ou medição de desempenho é definida como o processo de quantificação e análise da eficácia e eficiência. A eficácia é definida como a medida em que os objectivos são alcançados e eficiência é uma medida de quão bem os recursos da empresa são utilizados para atingir os objectivos específicos (Easton, Murphy, & Pearson, 2002). Este estudo centra-se apenas no aspecto eficiência como medida de desempenho.

A avaliação de desempenho das organizações é uma questão muito importante por duas razões. Por um lado, numa situação em que existe um grupo de unidades onde apenas um número limitado de candidatos pode ser seleccionado, o desempenho de cada um deve ser avaliado de forma justa e coerente. Por outro lado, é expectável que o desempenho de uma organização melhore ao longo do tempo (Mohanmmadi & Ranaei, 2011). Este estudo foca-se no segundo pressuposto e, particularmente, nas EBT incubadas, uma vez que o papel principal da incubadora para estas empresas é ajudar o seu crescimento e maturação numa fase inicial da sua vida.

As medidas de desempenho mais adequadas para avaliar o desempenho de uma incubadora ainda não são claras. Por outro lado, são poucos os estudos que tentam explorar este aspecto na avaliação de desempenho de incubadoras, ou das suas empresas constituintes (Phan, et al., 2005). É sabido que o facto de uma empresa estar localizada numa incubadora não é, por si só, garantia de sucesso.

Para confirmar o "valor acrescentado" de uma empresa estar localizada num PCT, Löfsten & Lindelöf (2002), compararam a capacidade de inovação de EBT localizadas em PCT, com os níveis registados por um grupo comparável de empresas não localizadas num parque. Para efectuar o seu estudo basearam-se em medidas de *output* relacionadas com o desempenho de EBT, como indicadores de crescimento e rentabilidade. O crescimento foi analisado no contexto

da empregabilidade e das vendas, pois estes indicadores proporcionam o aumento de recursos dentro da empresa. Na opinião dos autores, o aumento das vendas é um elemento central para o sucesso de um processo inovador, no entanto, é igualmente importante avaliar a margem de lucro.

Segundo Monck, et al. (1988), os indicadores para avaliar o desempenho de EBT dividem-se em dois grupos: medidas de *inputs* para a actividade de alta tecnologia, como o número de colaboradores qualificados e o esforço em I&D, que pode ser caracterizado pelo investimento bruto em I&D como percentagem da receita total de vendas, assim como medidas de *output*, como índices de crescimento, registos de patentes e inovações tecnológicas.

Walter et al.(2006), estudaram o impacto das redes e da orientação empreendedora no desempenho de *spin-offs* académicas. No seu estudo consideraram o crescimento das vendas como uma medida tradicional para avaliar o desempenho de empresas. Este parâmetro é visto como um indicador da medida em que a gestão foi capaz de explorar a sua autonomia empresarial. Além disso o crescimento das vendas evidencia a aceitação do mercado em relação às tecnologias comercializadas pelas *spin-offs* revelando-se, também, um indicador do sucesso da transferência de tecnologia. De forma a captar a eficiência de uma organização geradora de conhecimento, onde os funcionários são o principal activo, os autores propõem uma segunda medida, nomeadamente, o número de vendas por empregado.

Wang, Lu, & Chen (2010), desenvolveram um modelo para medir o desempenho de EBT através de quatro perspectivas: financeira, clientes, processos internos e perspectiva de crescimento. Os autores utilizaram uma abordagem conjunta de *hierarchical balanced scorecard* (HBSC) e *non-additive fuzzy*. O seu objectivo era, portanto, desenvolver uma ferramenta para o aperfeiçoamento das medidas de desempenho através de HBSC, em ambientes complexos e de elevada competitividade. O HBSC, serve como ponte de ligação entre perspectivas financeiras e não-financeiras, num sistema integrado de medição de desempenho, aliando os objectivos da organização e outras áreas funcionais tradicionais com a estratégia corporativa. Para isso os autores utilizam duas medidas de desempenho principais (indicadores orientados para resultados e para o desenvolvimento) de forma a medir a implementação da estratégia. O seu estudo demonstra as limitações que o HBSC poderá ter na pesquisa das medidas de desempenho, e em melhorar a eficácia e eficiência da gestão.

Capítulo 3. *Data Envelopment Analysis*

3.1 Caracterização geral

A eficiência tem sido um assunto de enorme interesse para as organizações como um meio para melhorar a sua produtividade. Farrell (1957), foi o grande impulsionador no estudo da medição da eficiência técnica baseando-se no trabalho de Debreu (1951) e Koopmans, (1951) para definir uma medida de eficiência que pudesse incluir múltiplos *inputs* e *outputs*.

Após a pesquisa desenvolvida por Farrell, (1957), o estudo da avaliação da eficiência conduziu a duas metodologias de investigação paralelas, que se distinguem na forma como a fronteira é especificada e estimada (Coelli, 1995):

- *Stochastic Frontier Analysis* (SFA);
- *Data Envelopment Analysis* (DEA).

A SFA é uma técnica paramétrica que envolve modelos econométricos e foi introduzida por Aigner, Lovell, & Schmidt (1977) e Meeusen & van den Broeck (1977), em trabalhos independentes. A técnica SFA permite separar o ruído estatístico da ineficiência assim como estimar erros padrão e testes de hipótese. Contudo, esta técnica depende da especificação funcional da função de produção e requer que as distribuições de probabilidade da ineficiência sejam especificadas aumentando a complexidade dos cálculos (Coelli, 1995). Devido às características enunciadas este método não será desenvolvido nem aplicado neste trabalho.

Partindo da ideia original de Farrel, Charnes, Cooper, & Rhodes (1978) respondendo à necessidade de procedimentos para avaliar a eficiência relativa de unidades de produção com múltiplos *inputs* e *outputs*, introduziram uma metodologia intitulada de *Data Envelopment Analysis* (DEA).

A DEA é uma técnica não paramétrica que envolve programação linear, e tem como principal objectivo avaliar a eficiência relativa de qualquer entidade que está a ser avaliada em termos da sua capacidade para converter *inputs* em *outputs*, designadas por DMUs (*Decision Making Units*), identificando as melhores práticas, que formam uma fronteira eficiente (Charnes, et al., 1978).

A eficiência relativa é obtida através da comparação de cada uma das DMUs com a melhor prática observada. As DMUs localizadas na fronteira são aquelas com níveis máximos de *outputs* para os níveis de *inputs* dados, ou com níveis mínimos de *inputs* para os níveis de produção fornecidos. A metodologia permite medir o nível de eficiência de unidades que não se encontram na fronteira e, identificar as unidades eficientes de referência (*benchmarks*), que podem servir de

comparação para tais unidades ineficientes (Cook & Seiford, 2009). Esses *benchmarks* são determinados pela projecção das DMUs ineficientes na fronteira de eficiência. Através da DEA os gestores podem não só identificar os concorrentes com melhor desempenho, mas também descobrir formas alternativas de tornar a sua organização numa das mais eficientes (Ozcan, 2008).

Desde a introdução da DEA em 1978, houve um crescimento expressivo, tanto em desenvolvimento teóricos como na aplicação de ideias a situações práticas. Nos últimos anos tem-se verificado uma grande variedade de aplicações na avaliação de desempenho de diferentes entidades, envolvidas em diferentes contextos, nomeadamente:

- Sector bancário;
- Lojas de retalho;
- Serviços públicos de electricidade;
- Indústria têxtil;
- Manutenção rodoviária;
- Hospitais;
- Sistemas logísticos;
- Indústria de alta tecnologia;
- Universidades;
- Departamentos académicos.

Os estudos efectuados com base na DEA fornecem informações úteis ao nível da gestão contribuindo, portanto, para uma melhoria do desempenho.

A aplicação da DEA requer muito cuidado e é comum tentar várias versões diferentes do modelo DEA para investigar os efeitos de diferentes combinações de *inputs* e *outputs*. Uma medida de desempenho amplamente utilizada é a razão entre os *outputs* produzidos e *inputs* consumidos, intitulado de produtividade (Pidd, 2012).

3.1.1 Produtividade e eficiência

Estas palavras são muitas vezes usadas como sinónimos, porém não são exactamente a mesma coisa. Segundo Kao, Chen, Wang, Kuo, & Horng (1995), a produtividade mede a eficiência com que uma unidade de produção converte *inputs* e *outputs*.

Para ilustrar a distinção entre os dois termos, é útil imaginar um processo produtivo no qual um *input* produz um *output*. As DMUs operam na fronteira, se forem perfeitamente eficientes, ou

abaixo da fronteira se não forem totalmente eficientes². A diferença entre os conceitos de produtividade e eficiência pode ser observada na Figura 3.1. A linha OF' representa a fronteira de eficiência. Por se encontrarem na fronteira de eficiência, as DMUs B e C são consideradas tecnicamente eficientes, enquanto a DMU A é considerada ineficiente. Se uma DMU a operar no ponto A se move para o ponto tecnicamente eficiente B, verifica-se um aumento de eficiência e produtividade³. Apesar de os pontos B e C serem tecnicamente eficientes é no ponto C que a produtividade atinge o valor máximo, uma vez que é possível definir uma recta tangente à fronteira de eficiência que passa pela origem. Portanto, o ponto C está a operar numa escala óptima e as DMUs que operam em qualquer outro ponto da fronteira apresentam uma produtividade inferior. Assim, uma DMU pode ser tecnicamente eficiente, mas pode melhorar a sua produtividade explorando os rendimentos à escala, que serão abordados mais à frente neste trabalho (Coelli, Rao, & Battese, 1998).

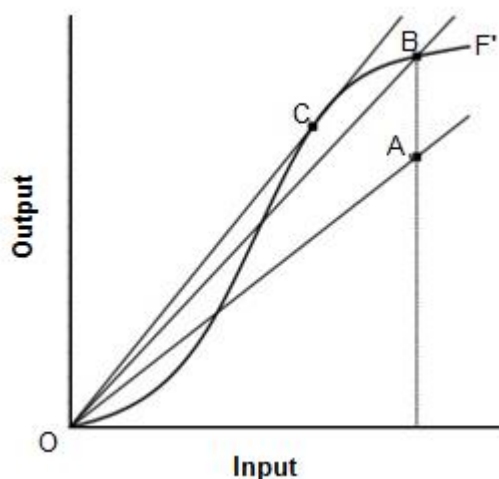


Figura 3.1 – Diferença entre produtividade e eficiência (Coelli, et al., 1998).

Melhorias de produtividade podem ser alcançadas de duas formas. Uma pode passar por melhorar o estado da tecnologia, vulgarmente referido como a evolução tecnológica e pode ser representado por um deslocamento para cima na fronteira de produção. Alternativamente podem ser implementados novos procedimentos organizacionais, para garantir que a tecnologia existente é utilizada de forma mais eficiente. Esta situação seria representada pelas empresas que operam mais perto à fronteira existente. Assim, é evidente que o aumento da produtividade pode ser conseguido através de qualquer progresso tecnológico ou melhoria de eficiência (Coelli, 1995).

² Ou seja, os pontos abaixo da fronteira de eficiência (na versão de minimização de *inputs*) não são alcançáveis, para o nível de tecnologia existente.

³ Isto é, a DMU no ponto B produz mais *output* com o mesmo nível de *input* da DMU que opera no ponto A. Uma vez que o declive da recta OC é maior que OB, existe um aumento da produtividade.

Segundo Farrell (1957), a natureza insatisfatória do critério "produtividade" levou naturalmente a tentativas de produzir medidas de eficiência que tivessem em conta todos os factores de produção, adicionando-se *inputs* dos diferentes factores relacionados com a empresa.

3.1.2 Análise da Eficiência

Os economistas Vilfredo Pareto e Tjalling Koopmans, contribuíram de forma significativa para o desenvolvimento do estudo da eficiência. A definição de eficiência de *Pareto-koopmans* diz que a eficiência total apenas é atingida por qualquer DMU se, e só se, nenhum dos seus *inputs* e *outputs* puder ser melhorado sem deteriorarem algum outro *input* ou *output*. Farrel, outro economista, estudou a aplicabilidade prática destes conceitos (W. W. Cooper, Seiford, & Tone, 2007).

Farrell (1957) define uma organização eficiente como o sucesso em produzir o maior número possível de bens finais ou resultados desejados (*outputs*) a partir de um determinado conjunto de recursos (*inputs*).

Para melhorar a eficiência de uma DMU tem de se verificar uma das seguintes situações (Ozcan, 2008):

- Aumentar os *outputs* sem alterar o nível de *inputs*;
- Diminuir os *inputs* sem alterar o nível de *outputs*;
- Se tanto os *outputs* como os *inputs* aumentarem, a taxa de aumento dos *outputs* deve ser superior à taxa de aumento dos *inputs*;
- Se tanto os *outputs* e *inputs* decrescerem, a taxa de decréscimo dos *outputs* deve ser inferior à taxa de decréscimo dos *inputs*.

Segundo Farrell (1957), a eficiência de uma empresa consiste em dois componentes: eficiência técnica, que reflecte a capacidade de uma empresa em obter o máximo *output* a partir de um determinado conjunto de *inputs*, e uma eficiência alocativa, que reflecte a capacidade de uma empresa em utilizar as melhores proporções dos factores de produção dados os seus respectivos custos e preços unitários. A eficiência económica total é o resultado do produto da eficiência técnica com a eficiência alocativa. Assim, a eficiência total mede o sucesso de uma unidade em maximizar os seus *outputs*, para um determinado conjunto de *inputs*.

A eficiência é sempre expressa em percentagem ou como um número entre 0 e 1. A eficiência máxima é de 100% ou 1. Se a DMU tiver uma taxa de eficiência de 1 será representada na fronteira de eficiência, caso contrário, será localizada abaixo, correspondente à distância entre o nível de produção observado e a fronteira. As DMUs localizadas na fronteira são aquelas que apresentam o maior nível de *outputs* para um determinado nível de *inputs*, ou as que apresentam um nível mínimo de *inputs* para um determinado nível de *outputs* (Liu & Wang, 2008).

Assim, a eficiência óptima ocorre quando uma unidade produz o máximo possível para um determinado conjunto de *inputs*. Isto significa que quando comparadas com as DMUs no seu conjunto de referência:

- Nenhum *output* pode ser aumentado a menos que use mais *inputs* ou encontre uma forma de reduzir um ou mais dos seus outros *outputs*;
- Nenhum *input* pode ser reduzido sem reduzir os *outputs* produzidos ou aumentando um ou mais dos restantes *input*.

Em casos complexos e realistas, existem vários *inputs* e *outputs* que necessitam de ser incorporadas em qualquer indicador de desempenho global. A abordagem usual é a de substituir o rácio simples de um *input* e um *output*, através da forma:

$$Eficiência = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_r}{\sum_{i=1}^m v_i x_i} \quad (3.1)$$

Onde y_r representa os s *outputs* produzidos e cada um deles tem um peso de u_r , utilizando m *inputs* x_i , cada um dos quais tem um peso de v_i . Os pesos determinam a importância relativa de cada *input* e *output* para o cálculo da eficiência (Pidd, 2012).

A aplicação de um conjunto comum de pesos para os *inputs* e *outputs* de todas as DMU pode levar a uma comparação injusta. Charnes, et al. (1978) reconheceram que as DMUs podem ter diferentes valores de *inputs* e *outputs* e, por conseguinte, adoptam diferentes pesos. Assim, propuseram que cada unidade deve ser livre de adoptar o conjunto de pesos mais favorável para si, em comparação com as outras unidades.

Para calcular a eficiência de uma unidade é necessário comparar a produtividade actual com o melhor que ela poderia fazer. Existem diferentes formas de formular o problema de cálculo da máxima produtividade de uma DMU. Na DEA, o problema é formulado através de programação linear que procura calcular o valor óptimo dos pesos a aplicar aos *inputs* e *outputs* (Pidd, 2012).

3.2 Vantagens e Desvantagens da DEA

3.2.1 Vantagens

As inúmeras aplicações em diversas áreas confirmam o poder da DEA como ferramenta de avaliação de desempenho. A DEA permite a utilização de múltiplos *inputs* e *outputs* que por sua vez podem ser medidos em diferentes unidades, não sendo necessária uma função de produção⁴ específica que relacione *inputs* e *outputs*. Ao contrário de algumas abordagens, como o *Analytic Hierarchy Process* (AHP), a DEA não exige a predeterminação dos pesos relativos dos *inputs* e *outputs* (C. T. Chen, Chien, Lin, & Wang, 2004). Por outro lado, em contraste com as técnicas convencionais, tais como a análise de regressão, na DEA, podem ser especificados mais do que um *input* e *output* (C.-J. Chen, Wu, & Lin, 2006).

Pelo facto de ser uma abordagem não-paramétrica de estimação da fronteira, a DEA apresenta também algumas vantagens, pois em vez de utilizar métodos baseados em valores médios, que ajustam uma linha ao centro dos dados, os métodos de fronteira são influenciados pelas empresas que apresentam melhor desempenho, reflectindo a tecnologia que estas utilizam e ajustando a fronteira eficiente ao topo dos dados. Por outro lado, os métodos de fronteira apresentam-se como uma tecnologia mais prática para a medição da eficiência das empresas, sendo esta a razão que constitui o maior impulso à sua utilização (Coelli, 1995).

A DEA exige poucos pressupostos, abrindo possibilidades de aplicação a casos que seriam de difícil resolução com outros métodos, nomeadamente situações em que a relação entre os *inputs* e os *outputs* é complexa. Por outro lado, a DEA não requer dados sobre preços para a construção da fronteira de produção. Assim, a DEA prova ser uma técnica particularmente eficaz em descobrir relações que, noutras metodologias, seriam impossíveis de identificar (W. Cooper, et al., 2011a).

A DEA é uma excelente ferramenta para medir a progressão de uma DMU ao longo do tempo, permitindo, desta forma, determinar se uma determinada DMU está a melhorar a sua eficiência de ano para ano (Easton, et al., 2002). Esta abordagem será relevante na aplicação do índice de de *Malmquist*, que será desenvolvido posteriormente na análise da progressão das empresas incubadas.

⁴ A função de produção define uma relação óptima para produzir a quantidade máxima de *outputs* a partir dos *inputs* disponíveis. Na DEA, a fronteira de eficiência é equivalente à função de produção e baseia-se em dados empíricos (*inputs* e *outputs*) (Charnes, Cooper, & Rhodes, 1981).

3.2.2 Desvantagens

Um dos problemas associados à DEA tem a ver com a necessidade de manter o seu poder discriminatório. Quanto maior for o número de *inputs* e *outputs*, maior será a validade de resultados, mas menor será o poder da DEA para discriminar os mesmos, isto é, poderá haver uma tendência para muitas DMUs serem consideradas eficientes. Esta situação ocorre devido à expansão de possíveis combinações que permitem a maximização da eficiência. Para que não seja colocada em causa a discriminação dos resultados e a sua validade, o número de DMUs envolvidas no estudo deve ser elevado, no entanto isso aumenta a probabilidade das DMUs não serem homogêneas. No caso de serem incluídos muitos *inputs*, há o risco de serem atribuídos pesos bastante pequenos pela DEA na maioria desses factores, o que pode significar que os pesos ligados a esses factores têm pouco ou nenhum efeito sobre os resultados da análise. (Pidd, 2012). Assim, é importante que o modelo DEA seja pequeno, isto é, que inclua os mínimos *inputs* e *outputs* possíveis, pois de outro modo a interpretação pode tornar-se problemática. Portanto, para que a aplicação da DEA seja válida, e para alcançar um nível discriminatório razoável, o número de DMUs deve ser no mínimo $2 \times (\text{número de } inputs \times \text{número de } outputs)$, ou $3 \times (\text{número de } inputs + \text{número de } outputs)$ (Ramanathan, 2003).

Apesar dos *inputs* e *outputs* poderem ser definidos em diferentes unidades de medida, Dyson et al. (2001), afirmam que misturar dados em rácio/percentagens com medidas de volume é imprudente.

Note-se que a DEA é apenas uma ferramenta, que não tem conhecimento do ambiente de negócios das empresas. É possível que certos valores obtidos pelo DEA sejam impossíveis ou indesejáveis de atingir na realidade (Easton, et al., 2002). Assim, uma das desvantagens associadas à DEA está relacionada com os pesos atribuídos aos *inputs* e *outputs*, pois é impossível assegurar que estes reflectem as prioridades sociais, pelo contrário, eles reflectem o que surge dos dados utilizados e do modelo de programação linear que processa os mesmos dados (Pidd, 2012). Portanto, a DEA apenas fornece aos gestores informações para auxiliar a sua tomada de decisão, não sendo um substituto para o julgamento de boa gestão (Easton, et al., 2002).

Um dos problemas que pode surgir na análise através da DEA é o facto de alguns factores possuírem valores nulos. Não existe um consenso na literatura acerca da introdução de factores com valor nulo, no entanto, segundo Golany & Roll (1989) os modelos DEA podem lidar com casos em que existam valores nulos para alguns factores, desde que exista pelo menos um *input* e um *output* para cada DMU que seja positivo. Contudo, esta situação é de evitar uma vez que os *softwares* podem ser sensíveis na análise de tais valores.

A necessidade ou desejo de incorporar variáveis qualitativas na análise pode representar um enorme desafio. Tentativas de medir factores como a percepção do cliente acerca da qualidade

de serviço podem ser problemáticas para a avaliação segundo a técnica DEA. A medição de factores qualitativos é bastante subjectiva, assim como as escalas de valores dos envolvidos nas avaliações, por exemplo, gestores ou clientes, podem diferir de DMU para DMU (Dyson, et al., 2001).

Uma vez que a DEA é uma técnica determinista, todos os desvios da fronteira são considerados como ineficiências e, consequentemente, a fronteira estimada pelo DEA é susceptível a erros de medição ou outro ruído nos dados (Odeck, 2007).

3.3 Orientação *input* e *output*

Uma DMU ineficiente pode tornar-se mais eficiente através da projecção sobre a fronteira. Em suma, existem duas formas básicas de uma DMU ineficiente se tornar eficiente. No que concerne à orientação a *inputs* a eficiência pode ser melhorada através da redução proporcional dos *inputs* mantendo os *outputs* constantes, enquanto uma orientação a *outputs* requer o aumento proporcional dos *outputs* sem diminuir os *inputs* (W. Cooper, et al., 2011a).

O tipo de orientação a implementar terá reflexos nas folgas. Quando é aplicada uma orientação a *outputs*, as folgas não nulas apresentadas pelas DMUs ineficientes serão essencialmente de *output*, embora possam existir folgas não nulas de *input*. No caso da orientação a *inputs* o raciocínio é análogo (Sherman & Zhu, 2006).

Assim, uma orientação a *inputs* favorece as organizações que utilizam os recursos mínimos para produzir um determinado *output*, e uma orientação a *outputs* favorece quem produz o máximo de *output* para um determinado *input* (Pidd, 2012). A Figura 3.2 representa uma possível fronteira de eficiência definida por F' , e uma DMU ineficiente A para o caso de um *input* (x) e um *output* (y).

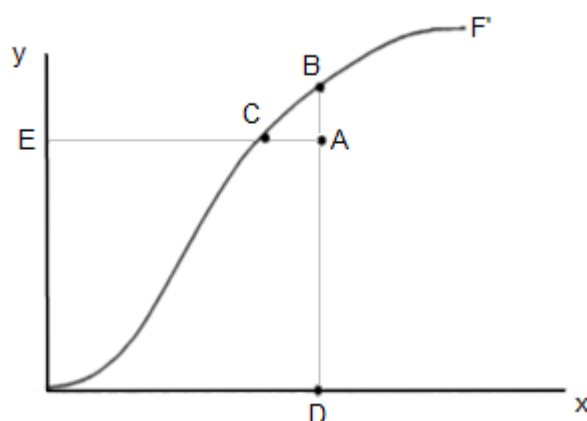


Figura 3.2 – Fronteira de eficiência (Adaptado de (Coelli, et al., 1998)).

Neste caso, C e B são unidades eficientes, pois estão sobre a fronteira de eficiência. A DMU ineficiente A necessita de se deslocar até ao ponto C para se tornar eficiente, reduzindo o *input*.

No entanto, se for utilizada uma orientação para o *output*, a DMU A deverá deslocar-se até ao ponto B (Kao, et al., 1995).

Assim, a eficiência segundo a orientação a *inputs*, é definida pelo quociente $\frac{\overline{EC}}{\overline{EA}}$. Por outro lado a eficiência na perspectiva de orientação a *outputs* é dada por $\frac{\overline{DA}}{\overline{DB}}$. Note-se, que o valor obtido em ambos os casos está entre 0 e 1.

A orientação deve ser escolhida tendo em conta a quantidade (*inputs* ou *outputs*) sobre a qual a empresa apresenta um maior controlo (Coelli, et al., 1998).

3.4 Modelos DEA tradicionais

Existem vários tipos de modelos DEA que podem ser utilizados, dependendo das condições do problema. De seguida, são apresentados os modelos originais da DEA e mais frequentemente utilizados na literatura: CCR e BCC. Os modelos CCR e BCC apresentados têm orientação para o *output*, uma vez que é esta abordagem que vai ser utilizada neste trabalho.

3.4.1 Modelo CCR

Charnes, Cooper e Rhodes apresentam pela primeira vez a técnica DEA, em 1978, introduzindo o modelo denominado CCR, em referência ao nome dos autores (Ozcan, 2008). Assim, a principal característica do modelo é considerar rendimentos constantes à escala, ou seja, assume-se que alterações no valor dos *inputs* conduzem a alterações proporcionais no valor dos *outputs*. Na literatura internacional este modelo é igualmente conhecido como CRS – *Constant returns to Scale*⁵ (Pidd, 2012).

Assume-se que se pretende avaliar a eficiência de n DMUs, que consomem quantidades variáveis de m *inputs* diferentes produzindo s *outputs* diferentes. Assim, a DMU _{j} ($j=1,2,...,n$) consome a quantidade x_{ij} do input i ($i=1,...,m$) e produz a quantidade y_{rj} do output r ($r=1,...,s$). Assume-se à partida que os valores de x_{ij} e y_{rj} são positivos, e que cada DMU tem pelo menos um valor positivo de *input* e um valor positivo de *output* (W. Cooper, et al., 2011a).

Seguindo uma orientação para o *output* a eficiência da DMU a ser avaliada, DMU₀, é obtida através da minimização do rácio da soma ponderada dos *inputs* e a soma ponderada dos *outputs*, tendo como condição o facto de nenhum rácio das n DMUs ser inferior a 1.

⁵ Neste trabalho é aplicada a terminologia CCR, quando é abordado o modelo em geral. O termo CRS é utilizado quando se pretende abordar especificamente o tipo de escala associado.

Matematicamente, esta condição pode ser representada da seguinte forma (W. Cooper, et al., 2011a):

$$\begin{aligned}
 & \text{Min } \frac{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}}{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}} \\
 & \text{Sujeito a :} \\
 & \frac{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}}{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}} \geq 1; \\
 & v_i u_i \geq 0;
 \end{aligned} \tag{3.2}$$

Os valores de u_r e v_i são igualmente positivos e correspondem aos pesos atribuídos aos *inputs* e *outputs*, respectivamente. Os pesos são calculados através da resolução do problema evitando, assim, possíveis critérios de escolha subjectivos. Os resultados obtidos correspondem ao conjunto de pesos que permitem à DMU₀ obter a avaliação mais favorável em relação às restantes. As restrições garantem que os pesos utilizados conduzem a valores de eficiência maiores ou iguais a 1 para todas as unidades da amostra (Charnes, et al., 1978).

Para que possa ser resolvida pelas técnicas de programação linear o modelo (3.2) deve ser convertido para um modelo linear equivalente. Assim, o modelo (3.3) conhecido como modelo primal ou *multiplier model*. apresenta a seguinte formulação (W. Cooper, et al., 2011a):

$$\begin{aligned}
 & \min q = \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} \\
 & \text{Sujeito a :} \\
 & \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} \geq 0 \\
 & \sum_{r=1}^s \mu_r y_{r0} = 1 \\
 & \mu_r, v_i \geq \varepsilon \quad \forall r, i
 \end{aligned} \tag{3.3}$$

Segundo a teoria básica de programação linear, qualquer problema de programação linear possui um outro programa linear relacionado, apelidado de modelo dual.

O modelo dual desempenha um papel muito importante na DEA pois torna a computação de bases de dados de grandes dimensões mais eficiente. Note-se que o número de restrições do modelo dual depende do número de *inputs* e *outputs*, logo, envolve um menor número de

restrições que o modelo primal onde o número de restrições depende do número de DMUs. Enquanto no modelo primal é possível obter os pesos óptimos dos *inputs* e *outputs*, o modelo dual atribui pesos às DMUs (Ramanathan, 2003).

O modelo dual, também conhecido por *envelopment model*, tem a seguinte formulação (W. Cooper, et al., 2011a):

$$\begin{aligned}
 & \max \phi - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right) \\
 & \text{Sujeito a :} \\
 & \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- = x_{i0} \\
 & \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ = \phi y_{r0} \\
 & \lambda_j
 \end{aligned} \tag{3.4}$$

No modelo (3.4), s_i^- e s_r^+ representam as folgas de *input* e *output*, respectivamente. De notar que o sinal “-” na folga de *input* significa redução, ou seja, quando existe sobreutilização de *input*, a folga é a quantidade que ainda é possível ser reduzida para que uma DMU ineficiente se torne eficiente. Da mesma forma o sinal “+” na folga de *output* indica um aumento, evidenciando que existe subprodução do *output*, logo, é possível aumentar a quantidade de *output* para que a DMU atinja a fronteira (W. Cooper, et al., 2011a).

As folgas representam as ineficiências que não conseguiram ser suprimidas através dos acréscimos (reduções) proporcionais de *outputs* (*inputs*)⁶. Portanto, se uma DMU não consegue atingir a fronteira de eficiência, de forma a alcançar a sua meta, são necessárias folgas que permitam direccionar a DMU para a fronteira⁷.

O ε na função objectivo, é definido como um número infinitamente pequeno e positivo para evitar a atribuição do valor zero a qualquer *input* ou *output*. A presença de ε permite uma maximização sobre o *score* de eficiência (ϕ) de forma a antecipar a optimização das folgas s_i^- e s_r^+ (Ozcan, 2008).

O modelo (3.4) pode ser resolvido em duas fases. Numa primeira fase obtêm-se os *scores* óptimos de eficiência (ϕ^*) ignorando as folgas. A segunda fase implica a resolução de um

⁶ Alterações radiais porque permitem optimizar todos os *inputs* ou *outputs* de uma DMU numa certa proporção.

⁷ As folgas representam alterações não radiais uma vez que permitem reduções não proporcionais em *inputs* ou aumentos em *outputs*.

segundo modelo de DEA cujo objectivo é a maximização das folgas fixando ϕ^* , como apresentado em (3.5) (Sherman & Zhu, 2006):

$$\begin{aligned} & \max \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right) \\ & \text{Sujeito a:} \\ & \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- = x_{i0} \\ & \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ = \phi^* y_{r0} \\ & \lambda_j \geq 0 \end{aligned} \tag{3.5}$$

O cálculo dos valores de λ_j^* para cada DMU_0 permitem identificar as DMUs que servem de *benchmark* na avaliação dessa unidade. Caso o valor de λ_j^* seja igual a zero, a unidade correspondente a esta variável não será um *benchmark* para a DMU em análise. Contudo, se o valor de λ_j^* for diferente de zero, a unidade correspondente a esse λ_j^* será um *benchmark* para a DMU em análise, sendo tão mais importante para a DMU_0 quanto maior o valor correspondente de λ_j^* obtido (W. W. Cooper, et al., 2007). Os coeficientes do conjunto de referência (λ_j^*) permitem definir uma hipotética DMU eficiente. Através do conjunto de referência é possível saber de que forma os *inputs* podem ser reduzidos e, os *outputs* aumentados, para tornar a DMU em análise eficiente (Zhu, 2008).

O desempenho da DMU é considerada eficiente se, e só se, $\phi^* = 1$, e todas as folgas forem nulas, isto é, $s_i^{-*} = s_r^{+*} = 0$ ⁸. Se ϕ^* for superior a 1, a DMU em causa é ineficiente. Neste caso é possível melhorar o desempenho da DMU através do aumento proporcional de todos os *outputs*, mantendo o nível de *inputs*, sendo o aumento proporcional máxima permitido igual a $(\phi^* - 1)$. Por outro lado, no caso de se verificar a condição $\phi^* = 1$, mas alguma das folgas for diferente de zero, então a DMU apresenta uma “eficiência fraca”⁹, pois haverá défice de *outputs* e/ou excesso de *inputs*, uma vez que o aumento proporcional não é suficiente para tornar a DMU eficiente (Sherman & Zhu, 2006).

Resumindo, os valores de ϕ^* , s_i^{-*} e s_r^{+*} , permitem identificar as fontes de ineficiência, e definir metas quantitativas para cada DMU. No cálculo das metas para os *inputs* (\hat{x}_{i0}), o valor da folga (s_i^{-*}) é subtraído ao valor de *input* inicial. Por outro lado as metas para *outputs* (\hat{y}_{r0}), são calculadas através do aumento proporcional nas variáveis de *output*, somando-se a esta quantidade o valor da respectiva folga (s_r^{+*}). Assim, no modelo CCR orientado a *outputs*, as

⁸ Também conhecida como “eficiência *Pareto-Koopmans*” ou “eficiência forte” (W. W. Cooper, et al., 2007).

⁹ Também conhecida como eficiência de “Farrel”

metas de eficiência para *inputs* e *outputs* podem ser calculados da seguinte forma (Ozcan, 2008):

$$\begin{aligned} \text{Inputs : } (\hat{x}_{i0}) &= x_{i0} - s_i^{-*} = \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j^* \\ \text{Outputs : } (\hat{y}_{r0}) &= \phi^* y_{r0} + s_r^{+*} = \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j^* \end{aligned} \quad (3.6)$$

Note-se que $(\hat{x}_{i0}, \hat{y}_{r0})$ correspondem às coordenadas da DMU quando projectada na fronteira de eficiência.

Importa salientar que a DEA é essencialmente uma ferramenta de diagnóstico, portanto as estratégias de melhoria devem ser estudadas e implementadas pelos gestores com base nas boas práticas dos *benchmarks* de cada DMU. Não existem, portanto, estratégias de reengenharia pré-definidas que permitam a uma DMU ineficiente tornar-se eficiente.

3.4.2 Modelo BCC

Banker, Charnes, & Cooper (1984), sugeriram uma extensão ao modelo CCR para situações em que existem rendimentos variáveis à escala. O modelo BCC apresentado é apropriado quando uma mudança nos *inputs* das DMUs, não leva a uma variação proporcional dos *outputs*, por isso este modelo é também conhecido como VRS – *Variable Returns to Scale*¹⁰ (Pidd, 2012).

Note-se que as orientações a *inputs* e *outputs* fornecem iguais valores de eficiência técnica quando existem rendimentos constantes à escala, mas diferem quando existem rendimentos variáveis à escala (Färe & Knox Lovell, 1978).

Na literatura clássica de economia, os rendimentos à escala foram abordados apenas para situações de um único *output*. Banker et al. (1984) e Banker & Thrall (1992), alargaram o conceito de rendimentos à escala a casos de múltiplos *outputs* através da DEA.

¹⁰ Neste trabalho é aplicada a terminologia BCC, quando é abordado o modelo em geral. O termo VRS é utilizado quando se pretende abordar especificamente o tipo de escala associado.

A forma primal do modelo BCC apresenta a seguinte formulação (Banker, Cooper, Seiford, & Zhu, 2011):

$$\begin{aligned}
 \min q &= \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} - v_0 \\
 \text{Sujeito a :} \\
 \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} - v_0 &\geq 0 \\
 \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} &= 1 \\
 \mu_r, v_i &\geq \varepsilon > 0; v_0 \text{ livre}
 \end{aligned} \tag{3.7}$$

A diferença para a forma primal do modelo CCR traduz-se, unicamente, na adição da variável v_0 .

Matematicamente, o modelo BCC na forma dual, ou *envelopment form*, difere do modelo CCR pela introdução da condição de convexidade, ou seja, $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$. Assim, apenas combinações convexas do conjunto de unidades são permitidas para criar a fronteira de eficiência.

Ao invés do modelo CCR em que uma determinada DMU é comparada com todas as DMUs da amostra, no modelo BCC a DMU é apenas comparada com DMUs de dimensão semelhante, como tal o *score* de eficiência no modelo BCC é maior que no modelo CCR, pois a DMU_0 é comparada com um número limitado de combinações. O modelo é representado da seguinte forma (Banker, et al., 2011):

$$\begin{aligned}
 \max \phi - \varepsilon &\left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right) \\
 \text{Sujeito a :} \\
 \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- &= x_{i0} \\
 \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ &= \phi y_{r0} \\
 \sum_{j=1}^n \lambda_j &= 1 \\
 \lambda_j, s_i^-, s_r^+ &\geq 0 \quad \forall i, j, r.
 \end{aligned} \tag{3.8}$$

O modelo BCC apresentado em (3.8) é igualmente calculado em duas fases. Primeiro, é calculado o valor de ϕ^* ignorando as folgas e, posteriormente, as folgas são optimizadas fixando ϕ^* . A formulação matemática para a maximização das folgas no modelo BCC é semelhante ao modelo CCR apresentada em (3.5), à excepção da adição da restrição $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$.

Se uma DMU for ineficiente no modelo BCC, é possível utilizar os *scores* óptimos de (3.8) para projectar a DMU na fronteira de eficiência. Assim, as metas de eficiência para *inputs* e *outputs* podem ser calculados de forma idêntica ao modelo CCR através da expressão (3.6).

Identificação de rendimentos à escala

Os rendimentos à escala analisam as mudanças de produção subsequentes a uma mudança proporcional em todos os *inputs*.

Seiford & Zhu (1999b) demonstraram a existência de pelo menos três métodos equivalentes para testar a natureza dos rendimentos à escala de uma DMU. Uma vez que neste trabalho apenas se pretende dar a conhecer os três métodos existentes e uma breve noção dos tipos de rendimentos à escala, apenas será especificado um deles¹¹.

Segundo Banker et al. (1984) com base no modelo primal BCC apresentado em (3.7) é possível verificar qual o tipo de rendimentos à escala através do sinal do *score* óptimo de v_0^* , ou seja, v_0^*

Quando v_0^* assume valores negativos para todas as soluções óptimas, está-se perante uma situação de rendimentos crescentes à escala (IRS), isto é, um aumento proporcional em todos os *inputs* conduz a um aumento mais do que proporcional dos *outputs*. Por outro lado, se v_0^* for positivo em todas as soluções óptimas prevalecem os rendimentos decrescentes à escala (DRS), ou seja, um aumento proporcional dos *inputs* resulta num aumento dos *outputs*, mas em proporção inferior ao acréscimo de inputs. No caso de v_0^* apresentar valor nulo em qualquer solução óptima, está-se perante uma situação de rendimentos constantes à escala (CRS). Note-se que apenas as DMUs eficientes, que definem a fronteira de eficiência podem ser caracterizadas quanto aos rendimentos à escala (Banker, et al., 2011). Contudo, como já exposto anteriormente, se uma DMU for ineficiente segundo o modelo BCC, esta pode ser projectada para a fronteira de eficiência através de (3.6).

Banker (1984) demonstrou que é igualmente possível verificar os rendimentos à escala com base no valor de $\sum_j^n \lambda_j^*$ do modelo dual CCR representado em (3.4).

Estes dois métodos podem falhar quando os modelos DEA apresentam múltiplas soluções óptimas. O terceiro método é baseado no índice de eficiência de escala. Este método não requer informação acerca de v_0^* ou $\sum_j^n \lambda_j^*$, no entanto, requer o cálculo de três modelos DEA (Zhu, 2008). Em suma, estes três métodos são equivalentes, mas têm diferentes apresentações.

Uma empresa pode apresentar rendimentos variáveis à escala por diversas razões. Segundo Coelli et al. (1998), uma pequena empresa pode apresentar rendimentos à escala crescentes ao

¹¹ Para uma análise mais aprofundada dos métodos de identificação de rendimentos à escala consultar Seiford & Zhu (1999a) e Banker & Thrall (1992).

obter ganhos consideráveis com a contratação de funcionários especializados em tarefas específicas. O mesmo autor refere que quando uma empresa aumenta consideravelmente e, a sua gestão não é capaz de exercer um controle rigoroso sobre todos os aspectos do processo de produção, pode estar-se perante uma situação de rendimentos à escala decrescentes.

O modelo dual BCC pode ser orientado a *inputs* ou *outputs*, portanto, as metas de eficiência a atingir para uma DMU ineficiente podem diferir, assim como as classificações quantos aos rendimentos à escala (Zhu, 2008).

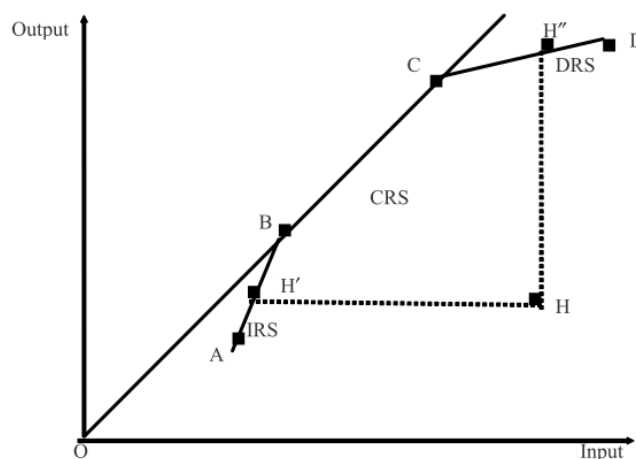


Figura 3.3 - Tipos de rendimentos à escala e metas de eficiência no modelo BCC (Zhu, 2008).

Na Figura 3.3 estão representadas cinco DMUs, A, B, C, D e H. A recta OBC representa a fronteira CRS. A fronteira BCC é constituída por AB, BC e CD e apresentam IRS, CRS e DRS, respectivamente. Os pontos B e C têm CRS. No segmento de linha AB, prevalece IRS à esquerda do ponto B. No segmento de linha CD prevalece DRS à direita do ponto C.

Como se pode observar a DMU H não está sob qualquer uma das fronteiras, sendo, por isso, considerada ineficiente. Se o modelo dual BCC for resolvido segundo uma orientação a *inputs*, então a correspondente meta de eficiência é o ponto H' (uma combinação convexa entre A e B), sendo a DMU H classificada como IRS. Caso se avalie o modelo segundo uma orientação a *outputs*, o ponto H'' será a meta de eficiência, e a DMU H é classificada como DRS no que diz respeito ao tipo de rendimentos à escala (Zhu, 2008). Esta situação deve-se ao facto de a orientação para o *input* e a orientação para o *output* apresentarem diferentes projecções na fronteira de eficiência, e é na fronteira que os rendimentos à escala são determinados.

Eficiência de escala e eficiência técnica pura

De acordo com Banker & Thrall (1992), o modelo BCC permite decompor a eficiência técnica (*Technical Efficiency*) – TE, obtida através do modelo CCR em eficiência de escala (*Scale Efficiency*) - SE e eficiência técnica pura (*Pure Technical Efficiency*) - PTE.

O *score* CCR é denominado de TE, e o *score* obtido através do modelo BCC mede a PTE. Se para uma determinada DMU o valor dos *scores* de eficiência técnica diferirem no modelo CCR e BCC, então a DMU apresenta ineficiência de escala. A eficiência de escala avalia a capacidade de uma unidade estar a produzir em CRS. Caso os *scores* dos dois modelos sejam iguais, a DMU está a operar sob CRS, ou seja, na escala de produção mais eficiente. Essa ineficiência de escala pode ser calculada através da diferença entre os *scores* de eficiência técnica BCC e CCR. De notar que a eficiência BCC de uma DMU é sempre maior ou igual à eficiência registado no modelo CCR (Coelli, et al., 1998). A SE é definida pelo rácio entre a TE e a PTE:

$$SE = \frac{TE}{PTE} = \frac{\phi_{CCR}^*}{\phi_{BCC}^*} \quad (3.9)$$

A SE é sempre menor que 1. A expressão (3.9) é equivalente a $TE = SE \times PTE$. Esta decomposição descreve as fontes de ineficiência, que podem ser causadas por uma operação ineficiente da própria DMU (PTE), por condições desvantajosas sob as quais a DMU está a operar (SE), ou por ambos (W. W. Cooper, et al., 2007).

3.5 Avaliação de desempenho ao longo do tempo

Muitas vezes é importante fazer uma análise comparativa da eficiência entre as DMUs ao longo do tempo, de forma a identificar possíveis progressos ou recuos na eficiência, e as razões de possíveis alterações. A técnica DEA inclui alguns métodos que permitem avaliar o desempenho ao longo do tempo, como o *Windows analysis* e o índice de produtividade de *Malmquist* (Ramanathan, 2003).

3.5.1 Windows Analysis

O método *Windows Analysis* de DEA foi introduzido por Charnes, Clark, Cooper, & Golany (1985). Este método consiste na aplicação de médias móveis sendo a DMU em cada período tratada como se fosse uma DMU diferente.

O método define uma janela “window” como o conjunto de k períodos para cada DMU, tendo cada período um conjunto de observações relativas à DMU em análise. Assim, supondo que existem n DMUs, o total de unidades a considerar é $k \times n$ DMUs, sendo obtidos k valores diferentes para cada DMU, ou seja, um por cada período. O processo prossegue com a definição de uma nova janela obtida a partir da primeira janela, através da eliminação das observações do primeiro período e da adição das observações do período seguinte. O procedimento é análogo para as restantes DMUs e a finalização do processo ocorre quando não é possível criar mais janelas

Assim, o desempenho de uma DMU é comparado com o seu desempenho nos outros períodos, para além da sua comparação com o desempenho de outras DMUs no mesmo período, permitindo uma análise da evolução da eficiência ao longo do tempo (Cook & Seiford, 2009).

Cooper, Seiford, & Tone (2007), evidenciam algumas desvantagens do método *Windows Analysis* como, por exemplo, o facto de o método não dar atenção a situações em que existem folgas diferentes de zero. Outra lacuna consiste no facto de, tanto o período inicial como final das DMUs, não serem testados com a mesma frequência dos restantes períodos. Por outro lado, a escolha do número de períodos de cada janela pode ser problemática, o que pode influenciar os resultados obtidos. As implicações teóricas de representar cada DMU como se fosse uma DMU diferente para cada período na janela ainda necessitam de estudos mais aprofundados, o que afecta a credibilidade da aplicabilidade do método.

Ao contrário dos modelos CCR e BCC, o Windows Analysis não apresenta nenhuma formulação própria e os resultados são apresentados sob uma tabela característica que permite facilitar a análise dos valores¹².

3.5.2 Índice de *Malmquist*

Entre as abordagens com o objectivo de quantificar a evolução da produtividade ao longo de um período de tempo, a mais utilizada no contexto DEA é o índice de *Malmquist* (*Malmquist Index*) - MI.

Malmquist (1953) introduziu o conceito de “função distância” para análises económicas, tendo proposto a construção de índices como rácios de funções distância.

Inspirados por Malmquist (1953), Caves, Christensen, & Diewert (1982) introduziram o MI que representa a Produtividade Total de Factores (*Total Factor Productivity*) - TFP de uma DMU entre diferentes períodos. Note-se que esta abordagem de analisar as variações de desempenho ao longo do tempo já existia muito antes de a DEA ter sido proposta.

¹² Consultar Cooper et al. (2011a) e Charnes et al. (1985)

Além de permitir avaliar possíveis mudanças no padrão da produtividade das empresas, esta abordagem permite retirar conclusões acerca da eficiência das políticas de gestão adoptadas e, também, identificar alterações nas estratégias das empresas através das variações na fronteira de eficiência. Adicionalmente, a decomposição do MI em vários componentes permite perceber a origem das mudanças de produtividade. (Liu & Wang, 2008).

Fare, Grosskopf, & Lovell (1994), desenvolveram o MI baseado na técnica DEA de forma a medir as variações da produtividade ao longo do tempo. Uma vez que o MI é estimado com uma metodologia não-paramétrica (DEA), não é necessário impor qualquer forma funcional sobre os dados.

Sendo a produtividade uma das principais fontes de eficiência organizacional sustentável, importa compreender quais os factores que afectam essa mesma produtividade. A partir da combinação entre os *inputs* e os *outputs* de uma DMU nos períodos t e $t+1$, é possível determinar se a variação no desempenho dessa DMU se deve à mudança da eficiência técnica (*Technical Efficiency Change*) - TEC de cada DMU e/ou à mudança de tecnologia (*Technological Change*) – TC.

Comparativamente a outros índices, o MI apresenta algumas características e propriedades relevantes. O MI pode ser útil em situações específicas em que os objectivos dos gestores diferem, são desconhecidos ou são de difícil concretização, uma vez que não requer qualquer pressuposto no que diz respeito à minimização de custos ou maximização de lucro (Mohanmmadi & Ranaei, 2011). Por outro lado, um pressuposto associado à aplicação do MI é a existência de um mercado competitivo, que estimule as empresas a aplicar estratégias eficientes (Coelli, et al., 1998).

O cálculo do MI requer medidas de dois períodos de tempo diferentes e de dois períodos agrupados. As medidas dos dois períodos de tempo diferentes podem ser obtidas através do modelo DEA CCR, abordado na secção 3.2.1.

Assim, para o período t é necessário resolver o modelo DEA CCR que mede a eficiência no período t e cuja formulação é (Cook & Seiford, 2009):

$$\begin{aligned}
 D_0^t(x_0^t, y_0^t) &= \min \theta \\
 \text{Sujeito a:} \\
 \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij}^t &\leq \theta x_{i0}^t \\
 \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj}^t &\geq y_{r0}^t \\
 \lambda_j &\geq 0, \quad j = 1, \dots, n
 \end{aligned} \tag{3.10}$$

De forma semelhante, utilizando $t+1$ em vez de t para o modelo acima, determina-se o valor da eficiência técnica para a DMU no período $t+1$, isto é, $D_0^{t+1}(x_0^{t+1}, y_0^{t+1})$.

A primeira medida do período agrupado, definido como $D_0^t(x_0^{t+1}, y_0^{t+1})$, para cada DMU₀, é calculado através do seguinte problema de programação linear:

$$\begin{aligned}
 D_0^t(x_0^{t+1}, y_0^{t+1}) &= \min \theta \\
 \text{Sujeito a:} \\
 \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij}^t &\leq \theta x_{i0}^{t+1} \\
 \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj}^t &\geq y_{r0}^{t+1} \\
 \lambda_j &\geq 0, \quad j = 1, \dots, n
 \end{aligned} \tag{3.11}$$

Este modelo compara x_{i0}^{t+1} com a fronteira no período t . Assim, a outra medida do período agrupado pode ser obtida por $D_0^{t+1}(x_0^t, y_0^t)$, comparando x_{i0}^t com a fronteira no período $t+1$.

Färe, Grosskopf, Norris, & Zhang (1994), definiram o MI orientado pelos outputs de acordo com a expressão:

$$M_0(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \left[\frac{D_0^t(x_0^{t+1}, y_0^{t+1})}{D_0^t(x_0^t, y_0^t)} \cdot \frac{D_0^{t+1}(x_0^{t+1}, y_0^{t+1})}{D_0^{t+1}(x_0^t, y_0^t)} \right]^{1/2} \tag{3.12}$$

A expressão (3.12) mede a variação de produtividade entre o período t e $t+1$, e é resultado da média geométrica dos dois índices de *Malmquist* apresentados por Caves et al. (1982). A produtividade sofre um decréscimo se $M_0 < 1$, permanece inalterável se $M_0 = 1$ e aumenta se $M_0 > 1$.

Färe, Grosskopf, Lindgren, & Roos (1992), fizeram a decomposição do MI em dois componentes, um que permite medir a TEC de cada DMU e outro que permite medir a TC.

$$M_0(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \frac{D_0^{t+1}(x_0^{t+1}, y_0^{t+1})}{D_0^t(x_0^t, y_0^t)} \left[\frac{D_0^t(x_0^t, y_0^t)}{D_0^{t+1}(x_0^t, y_0^t)} \cdot \frac{D_0^t(x_0^{t+1}, y_0^{t+1})}{D_0^{t+1}(x_0^{t+1}, y_0^{t+1})} \right]^{1/2} \tag{3.13}$$

$$M_0(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = TEC \times TC$$

O primeiro termo de (3.13) (expressão fora do parênteses recto) mede a TEC, sendo igual ao rácio da eficiência da DMU quando avaliada em dois períodos de tempo diferentes. A TEC avalia em que medida o desempenho da DMU se aproxima dos melhores valores observados em cada período, ou seja, quão mais próximo a DMU se encontra da fronteira no período $t+1$ comparativamente ao período t . No fundo a TEC reflecte a mudança na taxa de eficiência de uma DMU, permitindo aferir se ocorreu um aumento na eficiência entre t e $t+1$. Se $TEC > 1$ a eficiência da DMU em $t+1$ é melhor do que em t , uma vez que a produção da DMU em análise em $t+1$ está mais próxima da fronteira do que em t . Pelo mesmo raciocínio, se $TEC < 1$ existe um decréscimo no nível de eficiência, uma vez que a DMU no período $t+1$ está mais longe da fronteira $t+1$ do que estava no período t em relação à fronteira t . Se $TEC = 1$, significa que a DMU no período $t+1$ está tão próxima da fronteira $t+1$ como no período t em relação à fronteira t , isto é, a eficiência permanece igual (Liu & Wang, 2008).

O segundo termo (expressão dentro do parênteses recto) mede a TC, isto é, a distância entre as fronteiras CRS relativas aos períodos t e $t+1$. Färe et al. (1992), referem que um valor de $TC > 1$ indica uma alteração positiva na fronteira tecnológica ou progresso tecnológico, um valor de $TC < 1$ indica uma alteração negativa ou regressão tecnológica, enquanto se TC for igual a 1, não existe qualquer alteração da fronteira tecnológica. A TC é considerada uma evidência de inovação.

Existem, portanto, dois efeitos distintos que podem contribuir para a melhoria da produtividade: a melhoria da eficiência técnica e/ou a melhoria da tecnologia.

Os índices de TEC e TC são obtidos sob o pressuposto de que as DMUs operam segundo CRS, ou seja, assumindo que operam numa escala óptima. Segundo Grifell-Tatjé & Lovell (1995), o MI deve ser calculado numa primeira fase com base no pressuposto de CRS, pois caso seja avaliado segundo VRS a medida de produtividade obtida é imprecisa. Segundo Coelli et al. (1998) a mudança de produtividade, ou seja, o MI, pode ser calculado com funções de distância CRS, mesmo se a tecnologia de produção apresentar VRS.

Assim, para lidar com casos mais realistas com VRS, Färe et al. (1994) propuseram a decomposição da TEC em mudanças de eficiência técnica pura (*Pure Technical Efficiency Change*) – PTEC e mudanças de escala (*Scale Efficiency Change*) – SEC.

A PTEC é definida por (Grosskopf, 2003):

$$PTEC = \frac{D_{0VRS}^{t+1}(x_0^{t+1}, y_0^{t+1})}{D_{0VRS}^t(x_0^t, y_0^t)} \quad (3.14)$$

A SEC apresenta a seguinte formulação:

$$SEC = \frac{D_{0CRS}^{t+1}(x_0^{t+1}, y_0^{t+1})}{D_{0VRS}^{t+1}(x_0^{t+1}, y_0^{t+1})} \div \frac{D_{0CRS}^t(x_0^t, y_0^t)}{D_{0VRS}^t(x_0^t, y_0^t)} \quad (3.15)$$

As distâncias do numerador e denominador da PTEC são medidas admitindo a existência de VRS. A SEC integra as mudanças entre os resultados obtidos supondo-se CRS e VRS.

No caso de se assumir VRS, o MI seria constituído por três componentes, como representado na expressão (3.16).

$$M_0(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = TC \times PTEC \times SEC \quad (3.16)$$

Enquanto a TEC se refere às mudanças de eficiência técnica calculadas sob CRS, a PTEC corresponde às mudanças de eficiência técnica tendo em consideração VRS, e representa as mudanças de eficiência resultantes de melhorias nas operações e actividades de gestão. Esta decomposição permite contemplar situações em que uma DMU pode ser tecnicamente eficiente, uma vez que o volume de produção utiliza a menor quantidade de recursos, no entanto, não opera na escala óptima de produção.

A interpretação da PTEC é em tudo semelhante à mencionada anteriormente para a TEC, com a excepção de considerar a fronteira VRS, ao invés da fronteira CRS. Já a SEC mostra se os movimentos dentro da fronteira estão na direcção certa para atingir o ponto de CRS, onde mudanças nos *outputs* resultam em alterações proporcionais nos *inputs* (Grosskopf, 2003).

3.6 Extensões aos modelos clássicos DEA

Na literatura da DEA encontram-se múltiplas variações aos modelos tradicionais, diferindo na forma como a fronteira de eficiência é determinada e de como é medida a distância da fronteira das DMUs ineficientes (Wagner & Shimshak, 2007).

O objectivo deste capítulo é dar a conhecer alguns modelos e métodos que foram desenvolvidos para lidar com problemas nas formulações da DEA, como dados inconsistentes ou incompletos. Dada a complexidade na formulação matemática de grande parte dos modelos, estes não serão abordados de forma aprofundada, uma vez que esse não é o objectivo do presente trabalho.

Como foi referido anteriormente, o número de DMUs, *inputs* e *outputs*, influenciam a consistência de resultados na aplicação da DEA. Quando o número de DMUs é reduzido ou o número de *inputs* e *outputs* é elevado em relação ao número de DMUs, o poder discriminatório da DEA é

afectado, fazendo com que existam várias DMUs empatadas com nível de eficiência igual a um. Um dos problemas relacionados com os modelos tradicionais da DEA, como o CCR e o BCC, é a sua incapacidade de diferenciar as DMUs eficientes (Dyson, et al., 2001).

Existem alguns métodos que permitem superar este problema e aumentar o poder discriminatório da DEA, ordenando as unidades eficientes por nível de desempenho, como é o caso do método *Super-Efficiency* e do método *Cross-Efficiency* (Adler, Friedman, & Sinuany-Stern, 2002). Os modelos que permitem lidar com variáveis não controláveis e variáveis categóricas, são igualmente abordados.

Método *Super-Efficiency*

A metodologia *super-efficiency* desenvolvida por Andersen & Petersen (1993), tem como objectivo discriminar as unidades consideradas eficientes através de um *ranking* com base no modelo CCR. A diferença entre o modelo *super-efficiency* e os modelos DEA tradicionais é o facto de a DMU sob avaliação ser excluída do conjunto de referência, ou seja, o modelo *super-efficiency* baseia-se numa tecnologia de referência construída a partir de todas as outras DMUs. A representação matemática deste método pode ser encontrada no Anexo A. Assim, a metodologia permite que uma unidade k altamente eficiente alcance níveis de eficiência superiores a um, desempatando as unidades eficientes e mantendo inalterados os *scores* das DMUs ineficientes (Adler, et al., 2002).

Thrall (1996) apontou que esta exclusão da DMU sob avaliação pode tornar os resultados inviáveis e instáveis quando alguns *inputs* apresentam valores próximos de zero. Para contornar esta situação Saati, Zarafat, Memariani, & Jahanshahloo (2001) propuseram um modelo de orientação a *input-output* tornando o problema de programação linear sempre viável. Mais recentemente Li, Jahanshahloo, & Khodabakhshi (2007), desenvolveram um modelo de *super efficiency* com o nome de LJK, que permite superar as falhas dos modelos anteriores. O modelo proposto pelos autores, produz um *ranking* das unidades eficientes directamente sem a necessidade de aplicar o modelo CCR. Uma vasta revisão acerca dos vários tipos de modelos *super-efficiency* pode ser encontrada em Zhu (2008).

Método *Cross-efficiency*

Nos modelos DEA os pesos são calculados para uma determinada DMU, fornecendo uma auto-avaliação que impossibilita a formulação de um *ranking*.

O método *cross-efficiency*, introduzido por Sexton, Silkman, & Hogan (1986), é uma extensão da DEA que avalia o desempenho de uma DMU comparando-a com os pesos óptimos de *input* e *output* das restantes DMUs em vez de focar a avaliação apenas nos seus próprios pesos. Assim,

cada DMU além de determinar os pesos para o cálculo da sua eficiência utiliza, também, esses pesos para determinar os scores de eficiência das outras DMUs.

Este método permite identificar os melhores desempenhos globais e obter um *ranking* das DMUs, eliminando eventuais empates entre DMUs consideradas eficientes (Sexton, et al., 1986). Os resultados de todos os *scores cross efficiency* calculados através de n problemas de programação linear correspondentes a n DMUs sob avaliação, podem ser sintetizados numa matriz *cross efficiency* com j linhas e k colunas, onde cada uma é igual ao número de DMUs da amostra. Essa matriz pode ser representada por:

$$h_{kj} = \frac{\sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ij}} \quad k, j = 1, \dots, n. \quad (3.17)$$

Onde h_{kj} representa o *score* de eficiência da DMU_j enquanto a DMU_k está a ser avaliada, ou seja, a DMU_j é avaliada pelos pesos da DMU_k. Note-se que, $0 \leq h_{kj} \leq 1$, isto é, todos os elementos da matriz estão entre zero e um. Por outro lado, os elementos na diagonal, h_{kk} , representam os *scores* de eficiência padrão, $h_{kk} = 1$ para unidades eficientes e $h_{kk} < 1$ para unidades ineficientes (Adler, et al., 2002).

Para fazer o *ranking* das DMUs através do método *cross efficiency* no contexto DEA, deve ser calculada a média do *score cross efficiency* utilizando os resultados da matriz h_{kj} como indica a expressão (3.18):

$$\bar{h}_k = \frac{\sum_{j=1}^n h_{kj}}{n} \quad (3.18)$$

Enquanto os *scores* h_{kk} não são comparáveis, uma vez que cada um usa pesos diferentes, o *score* médio \bar{h}_k , representado em (3.18), é comparável porque usa o mesmo conjunto de pesos para todas as unidade, representando, por isso, uma melhor avaliação da unidade. Desta forma os *scores cross-efficiency* proporcionam uma avaliação por pares, em vez de uma auto-avaliação e, consequentemente, podem ser usados para classificar as DMUs (Adler, et al., 2002).

A principal dificuldade com a avaliação através do método *cross-efficiency* supracitado é a possível existência de múltiplas soluções ótimas para os pesos dos *inputs* e *outputs* aquando da resolução de (3.3), o que pode levar a diferentes *scores de cross-efficiency* e, consequentemente, a diferentes classificações das unidades (Cooper, Ruiz, & Sirvent, 2011b).

Para corrigir esta situação Doyle & Green (1994), introduziram um objectivo secundário que consiste na aplicação de um conjunto de métodos que permitem obter pesos robustos na construção do método *cross-efficiency* denominados: agressivo e benevolente. O objectivo secundário da formulação agressiva será a minimização das *cross-efficiencies* das outras DMUs, como apresentado no Anexo B. A formulação benevolente tem como objectivo a maximização das *cross-efficiencies* das demais DMUs e a sua representação matemática difere da formulação agressiva apenas na definição da função objectivo (maximização) (Zerafat Angiz, Mustafa, & Kamali, 2012).

Para mais informações acerca do desenvolvimento e aplicação destes e outros modelos relacionados, consultar Doyle & Green (1994). Uma revisão aos métodos que permitem fazer *rankings* no contexto DEA pode ser consultada em Adler et al. (2002).

Inputs e outputs não controláveis

Os modelos DEA até agora apresentados partem do pressuposto que todos os *inputs* e *outputs* estão sob controlo da gestão da DMU. Contudo, na prática, existem circunstâncias em que tal não acontece, e estas variáveis estão para além do controlo da gestão da unidade.

Ramanathan (2003) refere o caso de um agricultor que não pode alterar as características do solo, como um exemplo de uma variável não controlável. Cook & Seiford (2009) consideram custos fixos como, por exemplo, a renda, como *inputs* não controláveis.

Banker & Morey (1986a) foram pioneiros no desenvolvimento de um modelo DEA que permitisse a introdução de *inputs* não controláveis, modificando as restrições de *input* de forma a não permitir a redução do valor fixo de *inputs* não controláveis. Este modelo considera apenas *inputs* não controláveis. Para considerar *outputs* não controláveis é necessário aplicar a versão orientada para o *output* que se encontra no Anexo C.

Segundo os autores, os *outputs* podem dividir-se em *outputs* controláveis (O_D) e *outputs* não controláveis (O_N). No âmbito da DEA a forma dual apresenta flexibilidade para lidar com variáveis não controláveis.

Cooper et al. (2011a) referem que é frequente existir dificuldades de interpretação para os *outputs* que não são directamente controláveis. Estas situações estão, por norma, associadas a *outputs* que são influenciados pelos *inputs* associados. Os autores dão o exemplo das vendas que são influenciadas pela publicidade numa grande empresa, mas que não são directamente controláveis pelos gerentes de cada filial.

No entanto, segundo Ramanathan (2003), muitos autores aplicam outra metodologia para lidar com variáveis não controláveis, combinando a DEA e a análise de regressão. Neste método, os

scores de eficiência das DMUs são obtidos ignorando as variáveis não controláveis. Posteriormente, os scores de eficiência resultantes do modelo DEA sofrem uma análise de regressão usando as variáveis não controláveis como variáveis independentes, reduzindo o efeito das variáveis não controláveis sobre a avaliação de eficiência¹³.

Variáveis categóricas

As abordagens da DEA anteriores assumiam que todos os *inputs* e *outputs* pertenciam à mesma categoria, contudo, tal situação nem sempre se verifica.

Banker & Morey (1986b) apresentaram o primeiro modelo que permite lidar com variáveis categóricas (*inputs* ou *outputs*). As variáveis categóricas podem ser controláveis ou não controláveis pelos decisores.

Cooper, et al. (2007) exemplificam uma situação de variáveis categóricas não controláveis. Os autores referem que na avaliação de desempenho de uma filial de uma cadeia de supermercados, é necessário considerar o ambiente de vendas da loja, ou seja, se existe uma concorrência forte, se esta se encontra numa situação comercial normal ou, se está numa posição vantajosa. Note-se que, a avaliação da eficiência considerando que todos os supermercados estão em pé de igualdade, pode tornar-se injusta e penalizadora para as lojas que estão numa situação altamente competitiva quando comparadas com DMUs que operam em ambientes mais favoráveis. Assim, para que a avaliação de cada DMU seja efectuada de forma justa, devem ser criadas categorias, e a DMU em análise deve ser comparada apenas com DMUs da mesma categoria ou categoria inferior (Cook & Seiford, 2009). No caso do exemplo referido acima, podem identificar-se três categorias para as DMUs: “concorrência forte”, “situação normal” e “situação vantajosa”.

Para o caso de variáveis categóricas controláveis, uma DMU é comparada com DMUs da mesma categoria ou de categoria superior. Assim, a passagem para uma categoria melhor está ao alcance da DMU. Imagine-se uma situação de avaliação do nível de serviço de uma loja que pode ser classificado qualitativamente como “pobre”, “médio” ou “bom”. Uma loja na categoria de serviço “pobre” tem a opção de permanecer “pobre” ou dar um salto qualitativo para a categoria “médio” ou “bom”. Da mesma forma, uma loja na categoria “médio” pode mover-se dentro deste nível ou subir para o nível “bom” (W. W. Cooper, et al., 2007).

Esta extensão da DEA compara apenas as DMUs que possuem características semelhantes. Portanto, os scores de eficiência resultantes fornecem uma medição mais precisa do desempenho.

¹³ Um exemplo desta abordagem pode ser consultado em Ramanathan (2003).

3.7 Considerações na aplicação da técnica DEA

A aplicação da análise DEA inclui três etapas. A primeira fase consiste em identificar e determinar as DMUs mais apropriadas. De seguida, devem ser seleccionados os *inputs* e *outputs* para medir a eficiência relativa das DMUs. Por último deve ser aplicado o modelo DEA para analisar os dados (Golany & Roll, 1989).

Seleção das DMUS

Devem ser escolhidas as DMUs para as quais a avaliação de eficiência contribui, efectivamente, para o objectivo do estudo. A DEA faz uma série de pressupostos de homogeneidade sobre as unidades em avaliação. Primeiro, assume-se que as unidades realizam actividades semelhantes e produzem produtos ou serviços comparáveis, de modo a que um conjunto comum de *inputs* e *outputs* possa ser definido, diferindo apenas nas quantidades. (Charnes, et al., 1981).

Um segundo pressuposto é de que todas as unidades têm à sua disponibilidade recursos semelhantes. Estes recursos podem abranger pessoal, matérias-primas ou equipamentos. Por norma, deve ser escolhido um conjunto de DMUs que operam em ambientes semelhantes, uma vez que o ambiente externo em geral tem impacto sobre o desempenho global das unidades (Dyson, et al., 2001).

Seleção de *inputs* e *outputs*

A DEA não impõe qualquer regra específica no que diz respeito à relação entre os *inputs* e os *outputs*, contudo, a aplicação da DEA exige uma cuidadosa identificação dos mesmos (C.-J. Chen, et al., 2006).

Os recursos utilizados por uma DMU devem ser considerados como *inputs*, enquanto os benefícios mensuráveis produzidos por tais recursos constituem os *outputs*. No entanto, e, dependendo do objectivo em estudo, alguns factores podem ser vistos como *inputs* ou *outputs* (Golany & Roll, 1989).

Aquando da selecção dos factores, o grande objectivo deve ser incluir os *inputs* que afectam os *outputs* que são importantes para a organização. O conjunto de factores a considerar deve ser reduzido ao máximo, contendo apenas os *inputs* mais relevantes e directamente relacionados com os objectivos do estudo (Sherman & Zhu, 2006).

Os *inputs* devem ser escolhidos numa perspectiva de minimização de recursos, e os *outputs* de maximização de produção. Assim, se duas DMUs produzem a mesma quantidade de *output* com diferentes quantidades de *input*, deve ser considerada mais eficiente a DMU que consome menos recursos, isto é, *inputs*. Da mesma forma, entre duas DMUs que consumam a mesma quantidade

de *input* deve ser atribuída maior eficiência à DMU que produz uma maior quantidade de *output*. Neste sentido Golany & Roll (1989) propõem três etapas que permitem refinar a lista inicial de factores:

- **Processo de julgamento**

Nesta primeira etapa é crucial a opinião dos especialistas e dos tomadores de decisão, uma vez que estes, melhor que ninguém, têm conhecimento sobre as variáveis importantes para a análise. Um problema encontrado nesta fase é a distinção que deve ser feita sobre as variáveis que determinam a eficiência, e as variáveis que explicam as falhas de eficiência.

- **Análises quantitativas não-DEA**

Numa primeira fase devem ser atribuídos valores às variáveis. Note-se que a existência de variáveis nulas pode ser problemática como foi abordado na secção 3.2.2. De salientar que, geralmente, o aumento de um *input* deve conduzir a um acréscimo de *output*, e ambos os factores devem ser mensuráveis. Nesta etapa é sugerida a utilização de regressão para determinar se um factor deve ser *input* ou *output* e eliminar possíveis redundâncias.

- **Análises com base na DEA**

A terceira etapa, foi proposta inicialmente por Charnes et al.(1978), e consiste em executar testes de modelos DEA. Nesta fase são identificadas as variáveis que não contribuem significativamente para a eficiência, sendo, consequentemente, excluídas da análise. Para testar o poder discriminatório das diferentes variáveis, devem ser realizados testes com várias combinações de *inputs* e *outputs*.

Aplicação do modelo DEA

Concluída a selecção de *inputs* e *outputs*, é importante verificar se existem rendimentos à escala, uma vez que será necessário um modelo BCC se estes forem significativos.

Existem inúmeros modelos intrínsecos à DEA. Como já foi referido anteriormente, os modelos tradicionais, CCR e BCC, são os mais utilizados, contudo, existem modelos mais específicos que se adaptam às restrições dos dados existentes. O modelo DEA mais apropriado depende dos objectivos e das especificidades dos dados de cada caso em análise. Assim, nem todos os modelos DEA são aplicáveis a todos os casos (Golany & Roll, 1989). Esta última fase compreende também a definição da orientação do modelo (*input* ou *output*).

3.8 A DEA na análise de desempenho de EBT

A DEA é uma metodologia bastante utilizada pelas organizações de várias áreas para avaliar a sua eficiência global, ou de processos internos. As EBT não são excepção e, nos últimos anos, a aplicação desta técnica como forma de avaliação de EBT tem crescido, principalmente no que diz respeito à selecção de projectos de I&D, avaliação de eficiência de processos de I&D ou factores que afectam os resultados de I&D. Verifica-se, portanto, que tem sido dado um maior destaque à avaliação de actividades dentro das EBT, deixando de lado a avaliação da eficiência das EBT como um todo.

Lu, Shen, Ting, & Wang (2010), aplicaram a DEA para estudar o desempenho de indústrias de alta tecnologia em I&D. Segundo os autores o principal factor de sucesso nas empresas de alta tecnologia está no aumento da eficiência e desempenho em actividades de I&D. Os *inputs* utilizados no seu estudo foram: activos da empresa, despesas em I&D, número de funcionários e o número de investigadores ligados directamente a actividades de I&D. No que diz respeito aos *outputs* os autores consideraram: número de patentes, volume de exportação, retorno de investimento e o volume de vendas. Os resultados obtidos no seu estudo permitem ajudar os gestores a tomar decisões que tornem as actividades de I&D mais eficientes e inovadoras.

C. T. Chen, et al (2004), estudaram a aplicação da DEA na avaliação de desempenho em I&D de empresas no ramo dos computadores e periféricos localizadas num PCT. Segundo os autores devido à criatividade e inovação envolvidas em actividades I&D, a avaliação do seu desempenho torna-se numa tarefa difícil para os gestores, nomeadamente, no que diz respeito à identificação das variáveis que mais contribuem para a eficiência. Portanto, os gestores têm dificuldade em perceber quais as variáveis que devem melhorar para aumentar o desempenho de I&D das suas empresas. Neste estudo foram utilizados os modelos CCR e BCC com quatro *inputs* e dois *outputs*. Os *inputs* considerados foram: idade da empresa, capital, despesas em I&D e número de funcionários. No que diz respeito aos *outputs* foram utilizados o volume de vendas anual e o número de patentes. Os autores concluíram que os desempenhos variavam de forma significativa entre as várias empresas, embora na sua grande maioria as empresas sejam tecnicamente eficientes.

O estudo de Chen, Wu, & Lin (2006), envolveu a avaliação de desempenho de seis indústrias de alta tecnologia, localizadas num PCT. Para conduzir o seu estudo os autores utilizaram quatro *inputs*: número de colaboradores, fundo de maneio, investimento em I&D e a área ocupada. Os dois *outputs* considerados foram: vendas anuais e número de patentes. Além de estudarem a eficiência das seis indústrias em cada ano de forma individual, através dos modelos CCR e BCC, os autores utilizaram o índice de *Malmquist* para analisar o seu crescimento ao longo do tempo.

Os estudos relacionados com o desempenho em I&D de EBT adoptam na sua grande maioria os mesmos *inputs* e *outputs*, variando consoante a disponibilidade de dados. Assim, os *inputs* e

outputs utilizados nos estudos referidos neste capítulo são, na sua grande maioria transversais, e permitem evidenciar a importância das actividades de I&D nas EBT¹⁴.

Apesar dos seus inconvenientes, o número de patentes registadas por uma empresa continua a ser bastante utilizado como forma de medir o nível de difusão da tecnologia. No entanto, para muitas empresas a introdução de novos produtos e serviços no mercado é o *output* mais apropriado de I&D (Westhead, 1997). Por exemplo, Chakrabati (1990), utiliza como medida de *output* de I&D o número de patentes, mas também o lançamento de novos produtos e serviços por parte das empresas. O autor refere que o crescimento das empresas em algumas indústrias está relacionado com a concepção de novos produtos, porém, as patentes não têm qualquer efeito sobre o crescimento das vendas.

A pesquisa efectuada permitiu aferir que os gestores de incubadoras de empresas e das próprias empresas incubadas ainda não adoptaram a metodologia DEA como uma ferramenta padrão de avaliação de eficiência e apoio à tomada de decisão. Neste sentido, a DEA pode ajudar os gestores de EBT a identificar as suas fontes de ineficiência, e as melhores formas de melhorar o seu desempenho com base nas boas práticas das unidades de referência.

A DEA não fornece informações concretas sobre acções correctivas necessárias para melhorar o desempenho das empresas, focando-se na investigação sobre as razões de uma DMU ser ineficiente. A DEA é, portanto, uma ferramenta poderosa para os gestores, auxiliando a identificar deficiências nas suas organizações. Aos gestores cabe a tarefa de avaliar a viabilidade da aplicação prática das metas propostas para os *inputs* e *outputs* (Sherman & Zhu, 2006).

Apesar dos inúmeros estudos que aplicam a DEA na avaliação da eficiência de actividades de I&D, a revisão bibliográfica efectuada no contexto deste trabalho revelou que a aplicação da técnica DEA à avaliação da eficiência de EBT em incubadoras numa dimensão mais macro é escassa, o que reforça a necessidade de desenvolvimento desta área de investigação. Subsiste, portanto, uma carência na aplicação da DEA neste contexto.

¹⁴ Em Westhead (1997) é possível encontrar uma revisão dos *inputs* e *outputs* em I&D de EBT localizadas em PCT.

Capítulo 4. Modelo proposto

4.1 Descrição dos modelos

4.1.1 *Inputs e outputs*

A decisão sobre quais os *inputs* e *outputs* a incluir no modelo deve ser baseada no conhecimento de especialistas e, ao mesmo tempo, através de análises estatísticas dos dados disponíveis.

Numa fase inicial de definição dos *inputs* e *outputs* a aplicar no estudo, importa listar todas as variáveis que podem influenciar a eficiência e o desempenho das DMUs a ser analisadas, neste caso EBT incubadas. Após a revisão de literatura efectuada e a opinião de especialistas na área, chegou-se a uma lista de possíveis *inputs* e *outputs* quantitativos a incluir no estudo, apresentada na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Exemplos de possíveis *inputs* e *outputs* a utilizar na aplicação da DEA na avaliação da eficiência de EBT.

<i>Inputs</i>	<i>Outputs</i>
Nº total de funcionários	Volume de vendas (€)
% de colaboradores pós-graduados	Volume de vendas proveniente do exterior (€)
Custos com salários (€)	Nº de clientes
Custos com rendas (€)	Nº de clientes no mercado externo
Investimento em I&D (€)	Portefólio de produtos/serviços
Investimento em esforço comercial (€)	Margem de lucro (€)
Idade da empresa	Nº de patentes

As variáveis seleccionadas podem influenciar fortemente o desempenho de EBT. De seguida são abordadas as razões da sua escolha.

Inputs

O número total de funcionários é uma medida largamente utilizada na literatura para avaliar o desempenho de EBT. Os funcionários representam o maior activo das empresas, e sem eles seria impossível o seu crescimento. Além disso, para as empresas operarem na vanguarda da tecnologia são necessários conhecimentos específicos, mais concretamente ao nível das ciências e engenharias. Esses conhecimentos são adquiridos através da formação e, portanto,

torna-se imprescindível para as EBT empregar profissionais altamente qualificados para atingir os objectivos a que se propõem.

Os custos são uma importante medida de *inputs* de qualquer empresa. Uma empresa que consiga expandir o seu nível de produção sem aumentar proporcionalmente os seus custos, está a aumentar a sua eficiência e por sua vez a ganhar terreno face à concorrência. Em contexto de incubação os custos com salários e renda são também um indicativo da dimensão da empresa, uma vez que estes tendem a aumentar quanto maior o número de funcionários e a área ocupado.

Os investimentos, que no fundo são custos, permitem à empresa obter melhores resultados a médio/longo prazo. Alguns autores defendem o efeito a longo prazo dos investimentos em I&D no desempenho de uma empresa através do número de patentes, produtos ou processos inovadores. O estudo desenvolvido por Griliches (1979) vem confirmar os efeitos positivos do Investimento em I&D. O modelo proposto pelo autor salienta que o I&D estimula a inovação e, consequentemente, melhora o desempenho da empresa. Por outro lado, os efeitos do investimento em I&D não são imediatos uma vez que os projectos de I&D demoram mais de um ano a serem concluídos.

Os investimentos em esforço comercial são essenciais para a dar a conhecer a empresa, os seus produtos e angariar um maior número de clientes. Um produto que não está visível, não vende. Estes investimentos incluem, por exemplo, os custos em estudos de mercado, campanhas de lançamento de produtos, publicidade ou a criação e registo de marcas.

Outro factor que pode influenciar de certa forma o desempenho das EBT incubadas é a sua idade ou período de incubação. O sector das tecnologias está em constante renovação pelo que as empresas mais maduras tendem a registar melhores resultados do que empresas mais recentes, que são mais sensíveis à incerteza deste sector.

Outputs

O volume de vendas é um *output* fundamental a ser avaliado uma vez que é um indicador relevante do crescimento das empresas. Sendo Portugal um país de pequena dimensão acresce a importância na internacionalização das empresas dada a saturação do mercado português. Muitas empresas no ramo da tecnologia sobrevivem graças às suas exportações, uma vez que em Portugal não existem clientes que consigam assegurar a sua sustentabilidade. Portanto, a internacionalização já não é apenas uma questão de risco, mas sim de sobrevivência. As receitas provenientes do mercado exterior representam muitas vezes uma grande fatia da receita total das empresas e aquelas que não conseguem dar este importante passo na sua estratégia, vêem sérias limitações à sua progressão.

Outro factor de crescimento que importa medir está relacionado com número de clientes. Apesar de a literatura não dar grande destaque a este factor como medida de *output*, o mesmo não deve ser ignorado. Importa não só a quantidade de clientes, mas cada vez mais a qualidade dos mesmos, isto é, se estes cumprem prazos de pagamento ou efectuem encomendas com regularidade. Uma empresa com uma boa carteira de clientes terá uma maior probabilidade de sucesso e crescimento.

Uma vez que as EBT actuam num mercado onde os ciclos de vida dos produtos são bastante curtos, a aposta na concepção de novos produtos e serviços deve ser constante sob pena de se verem ultrapassados pela concorrência. Como tal, o portefólio de produtos que a empresa oferece aos seus clientes deve ser renovado, eliminando os produtos obsoletos e que já não se encaixam nos padrões tecnológicos actuais.

Outro possível *output* a considerar no estudo é o lucro das empresas, isto é, a sua capacidade em registar mais receitas do que despesas. Numa EBT incubada que se encontra numa fase prematura da sua vida este factor pode ser injusto, não se esperando que a sua margem de lucro seja particularmente elevada. No entanto será interessante aferir se as empresas conseguem obter margens positivas que sustentem o seu crescimento nos primeiros anos de vida.

As patentes representam um importante índice do nível inovador das empresas, resultante dos investimentos em I&D, e são bastante enunciados na literatura. Apesar de nem todas actividades em I&D e inovações resultarem em patentes, esta continua a ser uma das medidas mais directas de *output* relacionado com a inovação, contudo, não reflecte o valor de mercado ou a produtividade de uma EBT.

Variáveis a incluir no modelo final

A qualidade dos resultados na análise DEA é extremamente afectada pelo número de variáveis do modelo. Uma vez a que inclusão de muitas variáveis no estudo diminui o poder da DEA em distinguir DMUs eficientes de ineficientes, o próximo passo deve passar pela redução da lista inicial com o intuito de agrupar apenas as variáveis mais relevantes.

Desta forma, optou-se pela elaboração de um questionário com perguntas associadas a algumas variáveis listadas na Tabela 4.1. O questionário permite levantar os dados necessários ao estudo e aferir quais as DMUs que efectivamente utilizam *inputs* e *outputs* comuns, diferindo apenas nas quantidades.

4.1.2 Modelos

Nesta dissertação sugere-se a utilização de dois modelos distintos: BCC dual e índice de *Mamquist*.

Inicialmente foi utilizado neste estudo o modelo BCC dual orientado para *output* ou seja, o objectivo foi estudar até quanto se podem aumentar os *outputs* sem que o nível de *inputs* se altere. Apesar das empresas operarem na mesma incubadora, ou seja, no mesmo ambiente de negócios, as características do ramo em que operam e a sua dimensão são diferentes, o que justificou a utilização do modelo BCC, que apresenta VRS. Por outro lado, não é dado como garantido que aumentando para o dobro o investimento em I&D o volume de vendas aumente proporcionalmente como sugere o modelo CCR, pelo que a aplicação do modelo BCC, que não tem essa imposição foi considerada a mais adequada. Uma vez que o modelo BCC considera a escala de operações, uma empresa não necessita de ter a máxima relação entre *inputs* e *outputs* para ser considerada eficiente. Esta característica permite que empresas de diferentes dimensões, como por exemplo, uma empresa que opera em escala nacional e internacional e uma empresa que opera apenas a nível regional, sejam analisadas através do mesmo modelo. Assim, neste estudo foi aplicado o modelo BCC para compensar as diferentes dimensões das empresas consideradas.

Optou-se por separar a aplicação do modelo BCC em duas abordagens. Inicialmente, pretende-se analisar os *scores* de eficiência dos anos 2009, 2010 e 2011, proporcionando um estudo individual de cada ano e também a evolução de cada DMU de um ano para o outro no que diz respeito à eficiência técnica. Após a comparação dos *scores* de eficiência dos três anos referidos, foi efectuada uma análise mais detalhada aos resultados do ano 2011 de forma a distinguir as DMUs eficientes das ineficientes, identificar as fontes de ineficiência, definir as metas a atingir e os *benchmarks* de cada DMU.

Numa segunda fase, sugere-se a aplicação do índice de *Malmquist* com base na DEA. Por conseguinte, a mudança de produtividade é analisada neste estudo, com base em alterações na fronteira de produção estimada através da DEA. O volume de informação resultante da aplicação do modelo BCC pode ser difícil de sintetizar e avaliar, por isso, muitas vezes é útil desagregar a informação utilizando o MI, que distingue as alterações na produtividade resultantes de mudanças na eficiência técnica e/ou mudanças tecnológicas. Como foi abordado na secção 3.5.2, o MI é uma abordagem que permite avaliar a eficiência ao longo de vários períodos através dos dados de *input* e *output* de um ano base. Desta forma, o MI estima as mudanças de eficiência tendo em conta não apenas o ano no qual é feita a análise, mas também o ano precedente. No MI aplicado neste trabalho foi utilizado o método sob CRS descrito em (3.13), e na análise a componente PTEC é especificada como a medição sob VRS.

Importa referir que os resultados da componente PTEC do MI, permitem aferir a consistência dos resultados obtidos na determinação dos *scores* de eficiência com o modelo BCC entre 2009 e 2011.

Em ambos os modelos foi aplicada uma orientação a *outputs*, pois o principal objectivo das empresas de base tecnológica incubadas é expandir-se e, tal só é possível, aumentando o seu número de clientes, portefólio de produtos e volume de vendas de modo a tornarem-se empresas autónomas e auto sustentáveis. Além disso, a redução da massa salarial poderia conduzir a despedimentos. Numa empresa que pretende crescer e que está numa fase prematura da sua vida tal acção não faria sentido, uma vez que os funcionários contribuem com o seu *know-how* para o crescimento da empresa. A crescente competitividade entre empresas de alta tecnologia incentiva o aumento no investimento em I&D, pelo que a orientação para o *input* seria contraditória, dado que para existir uma renovação constante nos processos e produtos é crucial investir em actividades que permitam atingir altos patamares de inovação.

Ao contrário do modelo BCC, a opção pela orientação para o *input* ou *output* no MI não tem qualquer interferência no resultado sendo esta especificação mais um problema teórico do que prático.

Capítulo 5. Caso de estudo: Madan Parque

5.1 Caracterização

O Madan Parque foi fundado em Dezembro de 1995, tendo como associados a Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa (FCT-UNL), a Reitoria da Universidade Nova de Lisboa, a Câmara Municipal de Almada e o UNINOVA – Instituto de Desenvolvimento de Novas Tecnologias. Desde Outubro de 2002 que conta também com o apoio da Câmara Municipal do Seixal (Madan Parque, 2012a).

O objectivo principal do Madan Parque é claro: ser um facilitador e acelerador empresarial. A missão concretiza-se através de vários mecanismos de suporte à actividade empresarial, quer através do processo de incubação, facilitando o fase de arranque, quer com actividades aceleradoras do crescimento empresarial, que permitem potenciar o desempenho dos projectos incubados. Embora se privilegie a inovação de base tecnológica, há também abertura para iniciativas empresariais de base local, com forte ligação ao Concelho de Almada ou às actividades transversais de empresas já instaladas (Madan Parque, 2012b). A Figura 5.1 representa o processo de incubação e apoio à aceleração, desde a sua fase inicial até à saída das empresas e o fim do período de incubação.

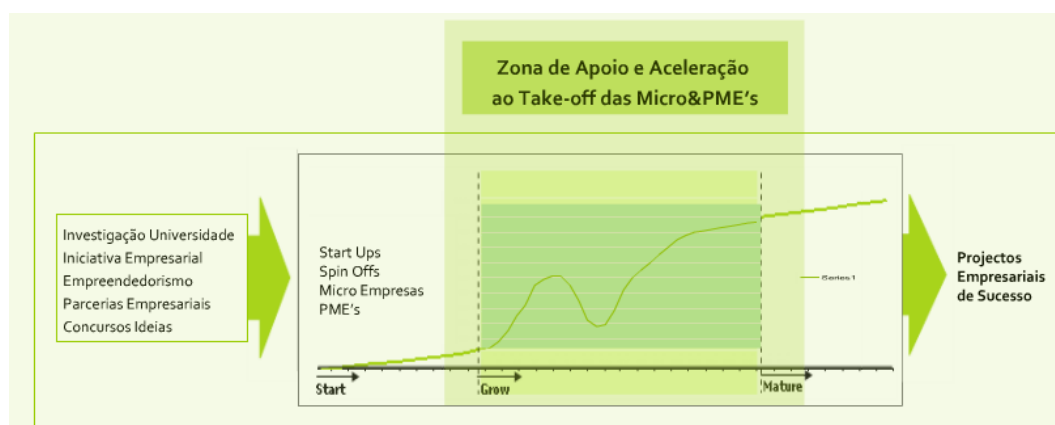


Figura 5.1 - Missão do Madan Parque (Madan Parque, 2012b).

A visão do Madan Parque traduz-se na criação de valor através do estímulo ao empreendedorismo e inovação. Se na fase inicial de operação, o valor acrescentado era bastante reduzido face à incubação base, hoje, existe uma preocupação de rentabilizar ao máximo os espaços dentro da incubadora, isto é, torná-los mais eficientes, produzindo mais valor acrescentado para as empresas e reduzindo os espaços. O esquema apresentado na Figura 5.2 representa de forma clara esta situação.

No futuro a tendência será de otimizar os processos para que esta situação venha a ser cada vez mais evidente.

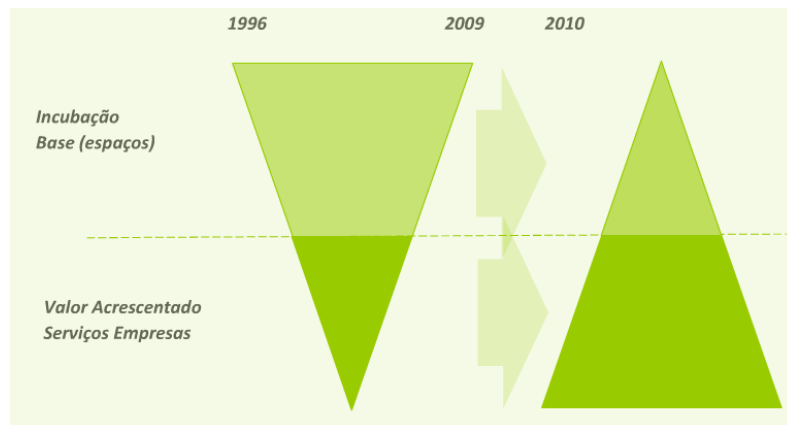


Figura 5.2 – Visão do Madan Parque

Os parceiros são fundamentais para a estratégia de crescimento do Madan Parque. Se por um lado o Madan Parque beneficia das mais-valias que os seus parceiros podem incorporar nas actividades desenvolvidas, deve também oferecer serviços que vão de encontro às necessidades dos mesmos. Esta é uma relação em que todos ficam a ganhar, mas são as empresas que mais vantagens retêm, uma vez que são os destinatários finais das parcerias desenvolvidas (Madan Parque, 2012c).

Um inquérito realizado em Agosto de 2010 às empresas incubadas no Madan Parque, permitiu aferir que a taxa de mortalidade das empresas era quase nula e, que na sua grande maioria, as empresas instaladas tinham uma tipologia *start-up/spin-off*, com uma forte ligação à FCT-UNL e cuja maioria opera nos domínios do *software* e serviços de informática, biotecnologia e renováveis (Madan Parque, 2012d).

Nesse mesmo ano existiam 55 empresas incubadas que por sua vez geraram 195 postos de trabalho. No que diz respeito aos negócios do Parque, registou-se um volume de negócios de 6.550.000€ com um investimento em I&D de 450.000€, tendo sido registadas 25 marcas, 8 patentes nacionais e 3 internacionais (Madan Parque, 2012e).

O principal serviço do Madan Parque onde se foca este trabalho é a incubação de empresas. O Madan Parque ajuda ao desenvolvimento das empresas incubadas através da prestação de serviços e disponibilização de equipamento. Desta forma o Madan Parque cede espaços em gabinete modular, equipado com telefone, electricidade, ar condicionado e acesso à *internet*, assim como o acesso a espaços, serviços e actividades comuns.

Nos casos em que as empresas não necessitam de espaço físico, mas manifestem interesse em estar associadas ao Parque, tem-se optado pela 'incubação virtual'. Nesta modalidade, a

empresa beneficia de todas as condições que o Parque oferece, exceptuando a disponibilização de instalações.

Por outro lado existe também a modalidade de incubação *Out-of-Box*, com os serviços de incubação a serem prestados fora das instalações do parque, nomeadamente, no campus da FCT-UNL, Loures e Setúbal (Madan Parque, 2012f).

Do público-alvo do Madan Parque para este tipo de serviço fazem parte:

- Empreendedores e empresários em início de actividade;
- *Start-ups* resultantes de projectos de investigação, preferencialmente com origem na FCT-UNL;
- *Spin-offs* de projectos empresariais da região
- Empresários, Empreendedores e Público em Geral.

O Madan Parque além da Incubação, presta um portfolio de serviços de facilitação e aceleração empresarial, tendo como objectivo promover a inovação e transferência de tecnologia através de projectos empresariais. Assim, o Madan Parque presta os seguintes serviços (Madan Parque, 2012d):

- **Coaching**, através de acções formativas, eventos e actividades de *coaching* dirigidas às empresas incubadas;
- **Seed Capital**, onde se destacam serviços de gestão de financiamentos aos projectos incubados, *network* de investigadores, *business angles* e parceiros bancários;
- **Internacional**, através de serviços de apoio à internacionalização, vendas e *network* comercial;
- **LABs**, através de serviços de I&D em ambiente empresarial, *network* I&D, prova de conceito, protecção de propriedade intelectual e *business intelligence*.

As acções dos serviços definidos permitem o acesso por parte dos parceiros a informação sintetizada em escala das mais de 50 empresas incubadas, e o acesso directo das empresas ao contacto dos vários parceiros envolvidos. Este duplo contacto permite facilitar o cruzamento de dados, a uniformização de linguagens e uma enorme rentabilidade das acções desenvolvidas.

5.2 Recolha dos dados

5.2.1 Metodologia

O conjunto de dados utilizados neste trabalho foi obtido através da aplicação de questionários às empresas presentes no Madan Parque. O questionário aplicado encontra-se no Apêndice A. O questionário foi entregue à direcção do Madan Parque por correio electrónico que, posteriormente, o enviou às empresas, de forma a recolher os dados necessários para a

realização do estudo. A elaboração do questionário teve a colaboração da direcção do Madan Parque com o intuito de retirar questões que, à partida, não seriam adequadas por falta de dados das empresas. Neste contexto, questões relacionadas com o número de patentes das empresas não foram incluídas no questionário, tendo em conta o conhecimento prévio da grande probabilidade de respostas nulas.

Optou-se por esta metodologia pelo facto de ser possível uma padronização das perguntas e pela facilidade na análise dos dados, permitindo, também, manter o anonimato dos inquiridos.

O questionário pretendia obter informações de carácter quantitativo das empresas entre os anos de 2009 e 2011, tendo sido dividido em seis áreas de interesse, nomeadamente:

- Funcionários
- Investimentos
- Vendas
- Produtos
- Clientes
- Resultados

Como medida de *input*, o número de funcionários, ou os custos que estes acarretam para a empresa, são importantes indicadores na avaliação de desempenho, na medida em que representam recursos utilizados pelas empresas para produzir resultados. Por outro lado, pode ser interessante analisar os níveis de qualificação dos funcionários das EBT incubadas, e confirmar se de facto estas empresas têm uma propensão para empregar funcionários altamente qualificados e com ligação a intuições universitárias, neste caso, a FCT-UNL

Os investimentos efectuados pela empresa são também um importante *input* que deve ser contabilizado para a avaliação da sua eficiência. É importante identificar as áreas sobre as quais a empresa deve investir e, que no futuro, lhe permitam obter um retorno positivo nos resultados. Para se tornar mais competitiva, a empresa deve tomar medidas para reduzir os custos, mantendo os níveis de qualidade dos produtos oferecidos.

Como medidas de *output*, o volume de vendas é talvez o mais indicativo de crescimento de uma empresa. As vendas efectuadas a nível nacional devem ser contabilizadas, assim como as vendas provenientes do estrangeiro, sendo este um indicador da expansão da empresa. A internacionalização obriga a empresa a modernizar-se para conquistar novos mercados resultando, por isso, num desenvolvimento da empresa.

A inovação desempenha um papel fundamental para o crescimento de EBT. O ciclo de vida dos produtos é cada vez menor, o que obriga as empresas a reinventarem-se dia-a-dia. O desenvolvimento de novos produtos é, portanto, um dos principais objectivos de empresas que operam no ramo da tecnologia, sendo um importante indicador de mensuração dos resultados.

Todavia, não fará sentido desenvolver novos produtos se não houver quem os compre. Assim, assegurar uma carteira de clientes estável, e apostar em novos canais de distribuição é fundamental. Uma empresa que tenha um número reduzido de clientes terá uma maior dependência desses mesmos clientes que uma empresa que tenha um vasto leque de clientes. De notar que, mais importante que conseguir novos clientes, o fundamental é retê-los e apostar na sua satisfação.

Por fim, resultados como o lucro anual da empresa são importantes de quantificar, pois dão uma noção exacta da sua taxa de crescimento.

5.2.2 Caracterização da amostra a estudar

A maior dificuldade inerente ao trabalho realizado decorreu da elaboração da amostra. Foi particularmente complicado obter as informações pretendidas por parte de todas as empresas inquiridas. Uma vez que os dados foram obtidos de organizações reais, seria expectável que a resposta a algumas questões fosse nula. Essa resposta nula pode dever-se ao facto de a DMU não produzir quantidades de *input/output* questionadas, ou pelo facto de não existirem dados disponíveis.

Como se pretendia analisar não só os dados disponíveis do ano mais recente, mas também dos dois anos anteriores, optou-se por restringir a análise às empresas que operavam no Madan Parque entre o ano 2009 e 2011, ignorando as empresas que terminaram ou iniciaram a sua actividade neste período. Esta condicionante restringiu a amostra a 21 empresas.

Como foi referido anteriormente é importante que as DMUs consideradas na análise sejam homogéneas. Assim, as DMUs consideradas neste trabalho são essencialmente *start-ups/spin-offs* incubadas no Madan Parque e, naturalmente, dentro de uma incubadora existem empresas das mais diversas áreas de actuação, que não correspondem necessariamente a áreas tecnológicas, apesar de esse ser o tronco comum. Desta forma é importante a existência de um factor que consiga distinguir claramente EBT das restantes empresas.

As EBT usam tecnologias inovadoras e investem significativamente em actividades de I&D, empregando funcionários altamente qualificados na área das engenharias e operam sobretudo em mercados pequenos e específicos. Assim, as actividades de I&D desempenham um papel crucial no aumento da competitividade das empresas de base tecnológica em alcançar um crescimento rápido e sustentado, pelo que apenas foram consideradas para o estudo as empresas que apresentavam despesas em I&D. Como tal, o estudo foi realizado com o número de empresas que foi possível questionar acerca deste parâmetro. Apesar dessa dificuldade foi possível obter uma amostra composta por 13 empresas que indicaram investimentos em actividades de I&D no período temporal compreendido entre 2009 e 2011. Note-se que as EBT não têm obrigatoriamente de investir em actividades de I&D, porém, por forma a aumentar a

homogeneidade das DMUs foi considerado este pressuposto. Desta forma e, mesmo antes de efectuar a análise sobre quais os *inputs* e *outputs* a incluir no modelo, o investimento em I&D torna-se, automaticamente, no primeiro *input* seleccionado. Contudo, mais à frente, aquando da selecção das variáveis a entrar no modelo, parte-se do pressuposto que todas as variáveis partem em pé de igualdade e, portanto, também o investimento em I&D é analisado para confirmar a sua importância no presente estudo. Importa referir que o período de incubação das empresas analisadas varia entre os quatro e os sete anos.

5.2.3 Dados recolhidos

Dado o número de respostas nulas registadas em algumas questões, optou-se por agregar apenas a informação que era comum a todas as empresas. Por outro lado, algumas questões, apesar de importantes, eram redundantes. Assim, os dados apresentados de seguida focam-se na informação mais relevante para a continuação do estudo e posterior selecção das variáveis a utilizar. Nas Tabelas 5.1, 5.2 e 5.3 encontram-se os dados recolhidos para os anos 2009, 2010 e 2011, respectivamente.

Tabela 5.1 – Dados para cada DMU referentes ao ano 2009.

DMU	Nº total de funcionários	Custos com salários (€)	Investimento em I&D (€)	Custos com renda (€)	Portefólio de produtos	Nº total de clientes	Volume de vendas total (€)
1	9	215 000	150 000	450	3	3	350 000
2	3	35 000	30 000	220	5	2	45 000
3	7	65 000	30 000	430	3	1	30 000
4	1	15 000	15 000	220	3	1	20 000
5	19	200 000	75 000	1 200	20	150	310 000
6	5	65 000	35 000	350	4	2	100 000
7	5	75 000	50 000	350	1	20	22 000
8	9	175 000	95 000	540	8	95	275 000
9	9	165 000	75 000	380	3	10	215 000
10	3	65 000	22 500	220	5	14	125 000
11	6	125 000	35 000	220	15	12	210 000
12	2	34 500	10 000	220	4	8	60 000
13	10	185 000	75 000	750	10	35	300 000

Tabela 5.2 - Dados para cada DMU referentes ao ano 2010.

DMU	Nº total de funcionários	Custos com salários (€)	Investimento em I&D (€)	Custos com renda (€)	Portefólio de produtos	Nº total de clientes	Volume de vendas total (€)
1	12	250 000	150 000	740	3	3	400 000
2	3	35 000	30 000	220	6	12	125 000
3	7	65 000	30 000	430	3	3	190 000
4	1	15 000	15 000	220	3	2	25 000
5	20	200 000	75 000	1 200	20	150	350 000
6	9	175 000	55 000	350	5	3	255 000
7	5	65 000	25 000	350	1	35	35 000
8	9	180 000	95 000	540	8	150	325 000
9	9	179 000	75 000	380	3	12	225 000
10	3	65 000	22 500	220	5	13	130 000
11	8	175 000	35 000	475	15	10	225 000
12	3	53 000	10 000	220	4	12	72 000
13	12	220 000	100 000	750	15	40	320 000

Tabela 5.3 - Dados para cada DMU referentes ao ano 2011.

DMU	Nº total de funcionários	Custos com salários (€)	Investimento em I&D (€)	Custos com renda (€)	Portefólio de produtos	Nº total de clientes	Volume de vendas total (€)
1	13	260 000	15 000	740	3	3	450 000
2	3	35 000	30 000	220	12	15	135 000
3	7	65 000	30 000	430	3	4	120 000
4	1	15 000	15 000	220	3	4	30 000
5	24	250 000	75 000	1 200	20	150	350 000
6	15	265 000	55 000	740	5	4	275 000
7	5	55 000	5 000	350	1	135	85 000
8	11	230 000	95 000	540	12	165	295 000
9	9	175 000	75 000	380	3	11	215 000
10	4	83 000	22 500	220	8	12	132 000
11	15	315 000	55 000	475	15	24	280 000
12	3	54 000	10 000	220	8	17	75 000
13	16	275 000	125 000	750	17	55	385 000

5.3 Aplicação dos modelos propostos

5.3.1 Definição dos *inputs* e *outputs*

Os dados obtidos através do questionário permitiram concluir que, como seria esperado, algumas variáveis não eram transversais a todas as DMUs. Esta situação influenciou a quantidade de variáveis disponíveis para selecção, obrigando a uma escolha mais rigorosa dos *inputs* e *outputs* devido à existência de dados nulos, ou simplesmente falta de informação nas bases de dados das DMUs para que estas pudessem responder com maior exactidão.

O passo seguinte foi, portanto, seleccionar as variáveis que obtiveram resposta por parte da grande maioria das DMUs, evitando dados nulos que pudessem afectar a qualidade dos resultados na análise da DEA. Nesta base, chegou-se ao conjunto de variáveis listadas na Tabela 5.4.

Tabela 5.4 – Inputs e outputs comuns a todas as DMUs.

Inputs	Outputs
Nº total de funcionários	Volume de vendas (€)
Custos com salários (€)	Nº de clientes
Custos com rendas (€)	Portefólio de produtos/serviços
Investimento em I&D (€)	

O conjunto de dados para o ano 2011 (Tabela 5.3) foi analisado com o objectivo de obter os coeficientes de correlação entre as variáveis, evitando, desta forma, a existência de informações redundantes. Optou-se por analisar apenas os dados do ano 2011 pelo facto de ser o ano mais recente da amostra, como tal os resultados são mais próximos à situação presente. A Tabela 5.5 representa a matriz de correlações entre os *inputs* e *outputs*.

Tabela 5.5 - Coeficientes de correlação dos *inputs* e *outputs*.

	Funcionários	Salários	I&D	Renda	Vendas	Clientes	Produtos
Funcionários	1,00						
Salários	0,88	1,00					
I&D	0,65	0,67	1,00				
Renda	0,95	0,74	0,54	1,00			
Vendas	0,84	0,90	0,61	0,80	1,00		
Clientes	0,39	0,20	0,37	0,43	0,21	1,00	
Produtos	0,61	0,49	0,64	0,51	0,46	0,40	1,00

Se dois possíveis *inputs* apresentarem uma elevada correlação, então isso pode indicar que a inclusão de ambos é inútil. A análise da Tabela 5.5 permite verificar que a renda está fortemente correlacionada com o número total de funcionários, pelo que a variável renda foi excluída da análise. O valor da renda é um indicador da dimensão da empresa no que diz respeito à área de escritório ocupada, portanto, é natural que quanto mais elevado for o valor da renda, o número de funcionários seja maior. Da mesma forma, os custos com salários apresentam uma forte correlação com o número de funcionários. Neste caso optou-se por deixar de fora a variável número total de funcionários, uma vez que o par *input/output* que apresenta um maior coeficiente de correlação é o par salários/vendas, logo, deve ser o primeiro a integrar o modelo DEA. Os coeficientes de correlação para os *outputs* não apresentam valores altos entre si. Para verificar se de facto existe alguma variável de *output* que não contribua de forma significativa para o *score* de eficiência, foram elaborados cenários com os dois *inputs* já seleccionados (Custos com salários e investimento em I&D) e as três variáveis de *output*. A Tabela 5.6 sintetiza a análise de sensibilidade efectuada através de diferentes combinações de *inputs* e *outputs*. Utilizando novamente os dados da Tabela 5.3, recorreu-se ao *Data Envelopment Analysis Online Software* (DEAOS)¹⁵ para obter a média dos *scores* de eficiência das 13 DMUs em cada cenário, aplicando o modelo BCC orientado para o *output*. Desta forma pretende-se avaliar quais as variáveis que mais contribuem para a eficiência e quais as que não acrescentam valor à análise, agregando no final a menor quantidade de variáveis possível. De notar que na orientação a *outputs* as DMUs ineficientes apresentam *scores* de eficiência superiores a 1. No entanto, para uma melhor percepção dos resultados esse *score* pode ser convertido para um valor entre zero e um, através de $\frac{1}{\emptyset}$. O *score* de eficiência orientado para o *output* apresentado pelo *software* é um valor entre zero e um.

Tabela 5.6 – Análise de sensibilidade com diferentes combinações de *inputs* e *outputs*.

	<i>Inputs</i>	<i>Outputs</i>	Score de eficiência médio
Cenário 1	Salários I&D	Vendas Clientes Produtos	0,95
Cenário 2	Salários I&D	Vendas Produtos	0,90
Cenário 3	Salários I&D	Vendas Clientes	0,85
Cenário 4	Salários I&D	Clientes Produtos	0,73

¹⁵ Pode obter-se em <https://www.deaos.com>

O *score* médio do cenário 1, que engloba todas as variáveis, é de 0,95. Este valor demonstra a existência de muitas DMUs eficientes, ou seja, com *score* de eficiência igual a 1. Assim, para aumentar o poder discriminatório será aconselhável reduzir o número de variáveis.

No cenário 2 retirou-se o *output* “número de clientes” da análise, mantendo as restantes quatro variáveis. O *score* médio baixou ligeiramente de 0,95 para 0,90 indicando que esta variável não contribui de forma significativa para a eficiência das DMUs.

A variável “número de clientes” voltou a ser colocada na análise para executar o cenário 3. Retirando o *output* “portefólio de produtos” da análise registou-se um *score* de eficiência médio de 0,85. Em relação ao cenário 2 este resultado indica que o *output* “portefólio de produtos” contribui mais para a eficiência das DMUs do que o *output* “número de clientes”.

Por fim, no cenário 4, é retirado da análise o *output* “volume de vendas”. Neste caso o *score* de eficiência médio das DMUs é de 0,73 baixando significativamente em relação ao cenário 1, que apresentava um *score* de eficiência médio de 0,95. Dos três *outputs* observados este é, portanto, aquele que mais contribui para a eficiência média das DMUs.

Conclui-se que o *output* que menos contribui para a eficiência média das DMUs é o “número de clientes”, pelo que esta variável é retirada da análise, ficando o modelo com quatro variáveis, dois *inputs* e dois *outputs*.

Após a realização da análise de sensibilidade foram seleccionadas as variáveis consideradas mais adequadas para o modelo DEA, como se apresenta na Figura 5.3.

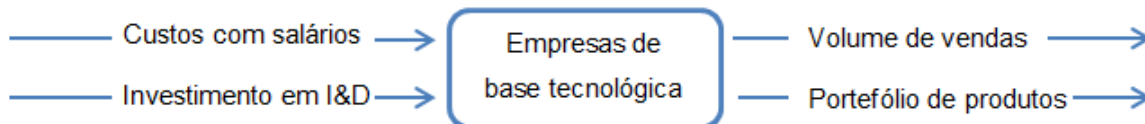


Figura 5.3 – Inputs e outputs finais do modelo DEA

As variáveis escolhidas obedecem à condição apresentada anteriormente, segundo a qual o número de DMUs deve ser, pelo menos, três vezes o número total de *inputs* mais os *outputs* utilizados no modelo. Uma vez que são consideradas 13 DMUs na análise, e $13 > 3 (2+2)$, a condição é satisfeita. Assim, para evitar que um elevado número de DMUs sejam consideradas eficientes, o número de variáveis, neste estudo, não deve ser superior a quatro.

As variáveis seleccionadas assumem que são preferíveis quantidades inferiores de *input* e quantidades superiores de *output*. É lógico que, por exemplo, entre duas empresas que apresentem os mesmos valores de custos com salários e investimento em I&D seja considerada mais eficiente a empresa que apresenta um maior volume de vendas.

Especificações dos *inputs* e *outputs*

O primeiro *input*, custos com salários, reflecte os custos das empresas no que diz respeito à massa salarial anual de todos os funcionários. Esta variável pode ser um indicador da dimensão da empresa, pois parte-se do pressuposto que quanto mais elevados foram os gastos com salários, maior será a dimensão da empresa.

O investimento em I&D, traduz os custos em investigação e inovação de produtos, serviços e processos produtivos. Neste caso são também considerados os gastos com salários de colaboradores ou sócios envolvidos em exclusivo na actividade. Com o ritmo frenético a que surgem novos produtos na área da tecnologia ou de inovações em produtos já existentes, este tipo de investimento nas EBT revela-se crucial para a competitividade de uma empresa na área da tecnologia. O que hoje é considerado uma inovação, pode já não o ser a muito curto prazo. Estes custos podem, no futuro, traduzir-se em ganhos para as empresas dado que mais produtos ou serviços serão concebidos alargando o mercado de actuação e as receitas. Portanto, pode considerar-se que este será, à partida, um investimento com retorno positivo no futuro da empresa.

Naturalmente que o objectivo de qualquer empresa é fazer dinheiro com os seus produtos. Sem vendas não faria sentido a sua existência e seria impossível investir em novos produtos, ou simplesmente pagar salários a trabalhadores e todas as contas correntes. O *output*, volume de vendas, representa o valor total dos produtos vendidos. O volume de vendas será tanto maior quanto mais produtos forem vendidos e mais elevado for o preço desses produtos.

O segundo *output* considerado, portefólio de produtos, reflecte a quantidade de produtos ou serviços oferecidos pela empresa. Quanto maior o número de produtos menor será a dependência da empresa no sucesso de um produto em específico. Este *output* está directamente relacionado com o investimento em I&D. Parte-se do princípio que uma empresa que invista mais em actividades de I&D tenha uma maior oferta de produtos e, consequentemente, um maior volume de vendas.

A Tabela 5.7 apresenta os dados estatísticos das variáveis a incluir no estudo para os dados do ano 2011.

Tabela 5.7 – Dados estatísticos das quatro variáveis (dados do ano 2011).

Variável	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Custos com salários (€)	15 000	315 000	159 769	105 744
Investimento em I&D (€)	5 000	125 000	46 730	35 563
Volume de vendas (€)	30 000	450 000	217 461	126 957
Portefólio de produtos	1	20	8	6

Os dados estatísticos permitem verificar que a dimensão das DMUs varia significativamente, existindo uma grande variabilidade. No que respeita, por exemplo, ao volume de vendas, existe uma variação de 30 000€ a 450 000€. Esta situação corrobora o pressuposto de VRS a aplicar ao estudo, uma vez que as unidades diferem consideravelmente em tamanho.

5.3.2 Análise de resultados

5.3.2.1 Modelo DEA-BCC

A análise segundo o modelo BCC é efectuada de duas formas distintas. Numa primeira fase pretende-se analisar de que forma variam os *scores* de eficiência ao longo do tempo, utilizando os dados referentes aos anos 2009, 2010 e 2011 de forma independente. Esta metodologia permite, posteriormente, uma comparação com os resultados obtidos através do MI.

Porém, esta análise não permite identificar as fontes de ineficiência resultantes das folgas e a identificação de *benchmaks*. Como tal, os dados do ano 2011, por serem os mais recentes da amostra, são analisados com maior detalhe.

Assim, a análise através do modelo BCC é dividida da seguinte forma:

- i) Análise individual dos *scores* de eficiência entre 2009 e 2011
- ii) Análise detalhada do ano 2011

i) Análise individual dos *scores* de eficiência entre 2009 e 2011

Utilizando os dados das Tabelas 5.1, 5.2 e 5.3, para os *inputs* e *outputs* definidos na Figura 5.3, foi aplicado o modelo DEA BCC recorrendo novamente ao *software* online DEAOS. Note-se que os valores fornecidos pelo *software* estão entre zero e um, isto é, $\frac{1}{\phi^*}$. Para interpretar os *scores* de eficiência numa perspectiva de orientação para o *output* (ϕ^*), é necessário transformar os *scores* apresentados no *software* para valores iguais ou superiores a um. Posto isto, chegou-se aos seguintes *scores* de eficiência dos anos 2009, 2010 e 2011 analisados separadamente, conforme se demonstra na Tabela 5.8.

Tabela 5.8 – Scores de eficiência para cada DMU nos anos de 2009, 2010 e 2011.

DMUs	Scores de Eficiência (ϕ^*)		
	2009	2010	2011
1	1,00	1,00	1,00
2	1,00	1,00	1,00
3	2,86	1,00	1,47
4	1,00	1,00	1,00
5	1,00	1,00	1,00
6	1,25	1,12	1,56
7	6,25	4,35	1,00
8	1,04	1,00	1,20
9	1,27	1,45	1,54
10	1,00	1,03	1,22
11	1,00	1,00	1,05
12	1,00	1,00	1,00
13	1,00	1,12	1,00
Média	1,59	1,31	1,16

Em média as 13 DMUs apresentam um aumento de eficiência de ano para ano, o que indica uma melhor combinação entre *inputs* consumidos e *outputs* produzidos ao longo dos três anos analisados.

Recorde-se que DMUs com *scores* de eficiência superiores a 1 são consideradas ineficientes e que quanto maior for esse valor, mais ineficiente será a DMU.

Os resultados produzidos por este modelo, indicam a existência de várias DMUs eficientes ao longo dos três anos estudados. Esta situação pode dever-se ao facto de a amostra ser relativamente pequena, apesar de ter sido respeitada a regra de proporção entre variáveis e DMUs. As DMUs 1, 2, 4, 5 e 12 são eficientes ao longo dos três anos pois apresentam *score* de eficiência igual a 1. A DMU 3 apresenta um grande acréscimo no *score* de eficiência do ano 2009 para 2010, contudo, volta a baixar de forma mais ligeira no ano de 2011. As DMUs 6 e 8 apresentam o mesmo padrão que a DMU 3. Por sua vez, a DMU 7 apresenta um acréscimo significativo do *score* de eficiência no ano 2010, chegando mesmo a atingir a eficiência no ano de 2011. As DMUs 9 e 10, pelo contrário, registam um ligeiro decréscimo no *score* de eficiência em 2010 e 2011 comparativamente ao registado no ano 2009.

As situações em que existe um decréscimo no *score* de eficiência podem dever-se à instabilidade dos mercados onde operam as respectivas DMUs, consequência do agudizar da crise económica nacional neste período, levando, por isso, a uma redução das vendas. Por outro lado, as expectativas iniciais dos fundadores dessas empresas podem ter sido defraudadas, e os produtos/serviços em carteira podem não ter tido a aceitação desejada.

ii) **Análise detalhada dos resultados referentes ao ano 2011**

De forma a demonstrar os benefícios que a DEA pode trazer na gestão das EBT incubadas, optou-se por concentrar a análise dos resultados obtidos para o último ano do estudo (2011).

Utilizando os dados da Tabela 5.3 obteve-se os *scores* de eficiência de cada DMU, assim como as respectivas folgas apresentadas na Tabela 5.9. Apesar de serem mantidos os resultados originais com duas casas decimais, faz sentido interpretar os resultados como unidades inteiras.

Tabela 5.9 – Scores de eficiência e folgas para cada DMU.

DMU	Score de eficiência (ϕ^*)	Folgas			
		Custos com salários (€)	Investimento em I&D (€)	Portefólio de produtos	Volume de vendas total (€)
1	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	1,47	0,00	2 000,00	6,38	0,00
4	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	1,56	0,00	2 774,87	0,00	0,00
7	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	1,20	0,00	41 403,27	0,00	0,00
9	1,54	0,00	54 333,33	1,78	0,00
10	1,22	0,00	0,00	0,00	0,00
11	1,05	109 263,91	0,00	0,00	0,00
12	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Os resultados a apresentar são divididos em quatro etapas principais de análise: primeiro faz-se a distinção entre as DMUs eficientes e ineficientes; seguidamente, são identificadas as fontes de ineficiência; em terceiro lugar, definem-se as metas a atingir por cada DMU; e, por último, são identificados os *benchmarks* de cada DMU.

DMUs eficientes e ineficientes

As DMUs 3, 6, 8, 9, 10 e 11 têm *scores* de eficiência superiores a 1, logo são consideradas ineficientes no modelo com orientação para o *output*. Estas DMUs podem reduzir a sua ineficiência através do aumento proporcional dos seus *outputs*.

As DMUs 1, 2, 4, 5, 7, 12 e 13 são consideradas eficientes, uma vez que apresentam *scores* de eficiência iguais a 1, e as respectivas folgas são nulas. Estas são, portanto, as DMUs com melhor desempenho dentro do grupo em análise.

Identificação das fontes de ineficiência

Os valores dos *scores* de eficiência e das folgas apresentados na Tabela 5.9, permitem identificar as fontes de ineficiência das DMUs já identificadas como ineficientes. Desta forma é possível identificar situações específicas de utilização de recursos em excesso e/ou de défice de resultados.

Os dados da Tabela 5.9 permitem aferir a inexistência de DMUs com eficiência fraca, isto é, com *score* de eficiência igual a 1 e folgas não nulas.

As DMUs ineficientes, ou seja, com *score* de eficiência superior a 1, revelam um défice de resultados em todos os *outputs*. Nestes casos as interpretações das fontes de ineficiência diferem consoante existam, ou não, folgas nulas.

As DMUs ineficientes que apresentam folgas nulas tanto nos *inputs* como nos *outputs*, indicam que o défice de resultados para cada *output* está a contribuir de igual forma para a ineficiência. Como tal, para que tais DMUs se tornem eficientes deve ocorrer um aumento proporcional de todos os *outputs*, associado ao *score* de eficiência. A DMU 10 é a única que se encontra nesta situação, e deve aumentar os seus *outputs* em 22% para se tornar eficiente.

No entanto, se existirem folgas não nulas de *output* nas DMUs ineficientes, o aumento proporcional dos *outputs* não é suficiente para tornar a DMU eficiente, uma vez que existe um défice de resultados de um (ou vários) *output(s)* em particular que contribui ainda mais para a ineficiência. Assim, além do aumento proporcional de todos os *outputs* é necessário, adicionalmente, um aumento nos *outputs* com folga não nula.

Também é possível que existam folgas não nulas de *input*, sugerindo que os recursos estão a ser utilizados em excesso e, portanto, a DMU deverá ainda fazer uma redução nos *inputs* correspondente ao valor da folga para deslocar a DMU para a fronteira de eficiência. As DMUs 3, 6, 8, 9 têm folgas significativas na variável “investimento em I&D”, enquanto a DMU 11 apresenta uma folga considerável na variável “custos com salários”.

Por exemplo, as DMUs 3 e 9 devem, no geral, aumentar proporcionalmente os seus *outputs*, particularmente, o portefólio de produtos uma vez que apresenta folga não nula. Simultaneamente, estas DMUs devem reduzir os custos com actividades de I&D. Esta situação pode parecer contraditória, mas reforça a ideia de que as DMUs 3 e 9 estão a utilizar de forma excessiva os seus recursos, relativamente aos resultados produzidos. Assim, o investimento em I&D aplicado pelas DMUs 3 e 9 não se reflecte nos resultados obtidos da mesma forma que

acontece com as restantes DMUs. Esta situação pode indicar que os investimentos efectuados por algumas empresas têm um efeito rápido sobre os resultados, enquanto noutras esse efeito positivo apenas se reflecte a longo prazo. Nesta situação os gestores devem averiguar as razões destes gastos elevados em actividades de I&D e melhorar os seus processos, produzindo mais com menos recursos.

Definição das metas de eficiência a atingir

O facto de a DEA propor metas específicas para que as DMUs ineficientes se tornem eficientes, torna esta metodologia muito útil para qualquer empresa. Observando as fontes de ineficiência já discutidas, é possível quantificar quanto deve uma DMU aumentar os seus *outputs* ou diminuir os seus *inputs* para que se torne eficiente.

Por exemplo, a DMU 3, para além de ter de aumentar o seu portefólio de produtos e o volume de vendas total em 47%, deve ainda aumentar em aproximadamente 6 unidades o número de produtos existentes. Assim, conhecendo o valor do *score* de eficiência, do *output* actual e da folga, determinam-se as metas a atingir aplicando a expressão (3.6) referente às metas de *outputs*. A meta a atingir pela DMU 3 no que diz respeito ao portefólio de produtos será:

$$(\hat{y}_{r0}) = \phi^* y_{r0} + s_r^{+*} = 1,47 \times 3 + 6,38 = 10,79 \text{ Unidades}$$

Quer isto dizer que a DMU 3 deve aumentar o seu portefólio de produtos de três unidades para aproximadamente 10 unidades¹⁶. Na prática esta meta pode ser difícil ou mesmo impossível de alcançar a curto prazo, pois dependerá não só do crescimento da empresa e da sua capacidade de inovação, mas também de factores externos que podem comprometer o sucesso de lançamento de novos produtos. O raciocínio para a DMU 9 é análogo ao da DMU 3, sendo estas as únicas DMUs a apresentar folgas não nulas nos *outputs*, nomeadamente no portefólio de produtos.

Adicionalmente, existem DMUs que possuem folgas não nulas de *input*, o que sugere que a sua ineficiência não se deve apenas ao défice de resultados, mas também à utilização excessiva de recursos para obter tais resultados. Como tal, o valor óptimo de *input* pode ser obtido através da fórmula referente às metas de *inputs* apresentada em (3.6), subtraindo ao valor actual de *input* o respectivo valor da folga. Continuando com o exemplo da DMU 3, a meta a atingir para a variável investimento em I&D será:

$$(\hat{x}_{i0}) = x_{i0} - s_i^{-*} = 30\,000 - 2\,000 = 28\,000 \text{ €}$$

¹⁶ Uma vez que não faz sentido aumentar para 10,79 unidades o portefólio de produtos, arredondou-se o valor para o menor número inteiro mais próximo para facilitar a interpretação.

Assim, para além das alterações nos *outputs* abordadas acima, a DMU 3 deve reduzir o seu investimento em I&D para 28 000 €.

De uma forma geral é possível estabelecer metas para as variáveis de *input* e *output* de cada DMU, que se encontram na Tabela 5.10.

Tabela 5.10 - Metas de *input* e *output* para cada DMU.

DMU	Custos com salários (€)	Investimento em I&D (€)	Portefólio de produtos	Volume de vendas total (€)
1	260 000,00	15 000,00	3,00	450 000,00
2	35 000,00	30 000,00	12,00	135 000,00
3	65 000,00	28 000,00	10,79	177 000,00
4	15 000,00	15 000,00	3,00	30 000,00
5	250 000,00	75 000,00	20,00	350 000,00
6	265 000,00	52 225,13	7,78	427 732,98
7	55 000,00	5 000,00	1,00	85 000,00
8	230 000,00	53 596,72	14,44	354 955,30
9	175 000,00	20 666,66	6,40	331 000,00
10	83 000,00	22 500,00	9,72	160 409,42
11	205 736,07	55 000,00	15,80	295 119,26
12	54 000,00	10 000,00	8,00	75 000,00
13	275 000,00	125 000,00	17,00	385 000,00

Verifica-se que as DMUs eficientes mantêm os seus valores originais como seria expectável. Os dados da Tabela 5.10, fornecem metas quantitativas específicas para que as DMUs ineficientes se tornem eficientes.

Importa referir que estes dados servem apenas de diagnóstico, competindo aos gestores das empresas definir estratégias realistas para colmatar as fontes de ineficiência.

Identificação dos *benchmarks* de cada DMU

Muitas vezes é complicado para uma empresa saber de que forma pode melhorar a sua eficiência, através de acções concretas. Uma das vantagens da DEA é o facto de permitir às empresas ineficientes basearem-se nas práticas de gestão das DMUs eficientes que podem ser consideradas como referência. Desta forma, as DMUs ineficientes podem olhar para a concorrência como um importante aliado no processo de melhoria, absorvendo informações concretas que as levem a atingir as suas metas e, conseqüentemente, a tornarem-se eficientes. Obviamente, as DMUs eficientes são consideradas *benchmarks* delas próprias. Assim, na Tabela 5.11, são apresentados os *benchmarks* das DMUs ineficientes e a respectiva contribuição (λ_j).

Tabela 5.11 – *Benchmarks* para cada DMU ineficiente.

DMU's Ineficientes	Benchmarks	
	DMU's Eficientes	λ_j
3	1	0,133
	2	0,866
6	1	0,659
	4	0,004
	13	0,336
8	1	0,277
	2	0,106
	5	0,617
9	1	0,622
	2	0,377
10	1	0,119
	2	0,397
	5	0,061
	12	0,422
11	1	0,084
	5	0,686
	12	0,230

Note-se que quanto maior o valor de λ_j maior será a contribuição da DMU utilizada como *benchmark* para que a DMU ineficiente alcance a eficiência.

Por exemplo, os *benchmarks* da DMU 3 são as DMUs 1 e 2. Isto significa que para se tornar eficiente, a DMU 3, deve utilizar uma combinação da DMU 1 e da DMU 2. A DMU 2 é um *benchmark* mais importante para a DMU 3, tal como sugere o respectivo valor de λ_j . A mesma lógica impera na interpretação dos *benchmarks* das restantes DMUs ineficientes.

De realçar que a DMU 1 é considerada *benchmark* para todas as unidades ineficientes, sendo, por isso, considerada um exemplo de boa gestão para as mesmas.

5.3.2.2 Modelo DEA-Malmquist

De forma a analisar a evolução da produtividade das DMUs ao longo do tempo, assim como os factores que estão na origem dos ganhos de produtividade, foi calculado o MI. Como foi referido na secção 3.5.2, existem dois componentes que podem contribuir para o aumento da produtividade: a mudança da eficiência técnica (TEC) e a mudança de tecnologia (TC). Por sua vez a TEC pode ser decomposta em mudanças de eficiência técnica pura (PTEC) e mudanças de escala (SEC) quando se assumem VRS. As Tabelas 5.12 e 5.13 apresentam as variações de produtividade (MI) e os respectivos índices PTEC, SEC, TEC e TC no período 2009-2010 e 2010-2011, respectivamente. Os valores apresentados foram obtidos recorrendo novamente ao *software* DEAOS.

Análise do período 2009-2010

Tabela 5.12 – Índice de *Malmquist* e respectivos componentes no período 2009 - 2010.

DMU	2009-2010				
	PTEC (1)	SEC (2)	TEC (3)=(1)*(2)	TC (4)	MI (5)=(3)*(4)
1	1,000	0,600	0,600	1,679	1,008
2	1,036	1,123	1,164	1,438	1,674
3	2,818	1,078	3,037	1,155	3,509
4	1,000	1,000	1,000	1,070	1,070
5	1,000	1,043	1,043	1,009	1,053
6	1,118	0,784	0,876	1,265	1,108
7	1,449	1,012	1,466	1,400	2,053
8	1,041	0,714	0,743	1,534	1,140
9	0,875	0,792	0,692	1,445	1,001
10	0,973	0,998	0,970	1,066	1,034
11	1,000	1,000	1,000	0,931	0,931
12	1,000	1,000	1,000	1,007	1,007
13	0,891	0,843	0,751	1,224	0,919
Média	1,169	0,922	1,103	1,248	1,347

A evolução do desempenho das DMUs entre o ano 2009, considerado como período t , e o ano 2010, considerado como período $t+1$ evidencia um acréscimo da produtividade média das 13 DMUs de 34,7%. Para este resultado muito contribuiu o acréscimo de 24,8% em TC, superior aos 10,3% relativos a TEC. A inovação foi, portanto, a principal fonte para os ganhos de produtividade médios registados, sugerindo que a adopção de novas tecnologias por parte dos DMUs levou a melhorias significativas. A TEC é resultado da multiplicação da PTEC e da SEC. Em média, as melhorias na PTEC, ou seja, nas operações e actividades de gestão são a principal razão para as melhorias na TEC. O valor médio de PTEC, que mede as mudanças de eficiência técnica sob VRS, indica que ocorreu uma melhoria de 16,9% no período considerado.

Dos cinco componentes analisados na Tabela 5.12, apenas a SEC regista um valor médio abaixo de 1, o que sugere uma deterioração da eficiência de escala. No fundo, esta situação indica que as DMUs estão a operar acima ou abaixo da escala ótima, ou seja, estão a ter custos demasiado elevados para aquilo que produzem, ou pelo contrário, poderiam aumentar a sua produção reduzindo os custos.

No que diz respeito à TEC, observa-se que as DMUs 1, 6, 8, 9, 10 e 13 registaram um decréscimo de eficiência técnica entre 2009 e 2010. Este facto permite concluir que estas DMUs no ano 2010 estão mais afastadas da fronteira desse período do que estavam no ano de 2009. Por outro lado, as DMUs 2, 3, 5 e 7 registam um aumento da sua eficiência técnica, com especial destaque para a DMU 3. Assim, estas DMUs estão mais próximas da fronteira relativa ao ano 2010 quando comparadas com a fronteira do ano 2009. As DMUs 4, 11 e 12 apresentam valores de TEC iguais a 1, pelo que não ocorreram mudanças na eficiência técnica de 2009 para 2010.

Analisando os dados da TC, verifica-se que apenas a DMU 11 apresenta um valor inferior a 1, ou seja, regressão tecnológica. Todas as restantes DMUs registam valores de TC superiores a 1, portanto, entre o ano 2009 e 2010 houve uma alteração positiva nas suas fronteiras tecnológicas, isto é, houve progresso tecnológico. Quer isto dizer que para um dado nível de *input* é possível obter um maior nível de *output* em 2010 do que em 2009. Esta situação deve-se à expansão da fronteira entre os dois períodos.

Relativamente ao MI, conclui-se que as DMUs 11 e 13 diminuíram a sua produtividade pois apresentam valores inferiores a 1 para este índice. As restantes DMUs aumentam a sua produtividade entre 2009 e 2010 ($MI > 1$).

É curioso verificar que as DMUs que apresentaram decréscimos de eficiência técnica, à excepção da DMU 13, conseguiram superar essa situação com alterações bastante positivas nas suas fronteiras tecnológicas, que contribuíram fortemente para os ganhos de produtividade registados.

Em relação à PTEC, conclui-se que as DMUs 2, 3, 6, 7 e 8 apresentam ganhos de gestão que se traduzem em aumentos de produtividade. À excepção das DMUs 9, 10 e 13, todas as outras melhoraram ou mantiveram a sua PTEC entre 2009 e 2010.

No que diz respeito à SEC verifica-se que as DMUs 2, 3, 5 e 7 aumentaram a sua escala (dimensão) neste período uma vez que apresentam valores superiores a 1. As DMUs 4, 11 e 12 não têm problemas de escala, estando a operar na fronteira de CRS (escala ótima).

Análise do período 2010-2011

Tabela 5.13 – Índice de *Malmquist* e respectivos componentes no período 2010-2011.

DMU	2010-2011				
	PTEC (1)	SEC (2)	TEC (3)=(1)*(2)	TC (4)	MI (5)=(3)*(4)
1	1,000	1,969	1,969	2,049	4,033
2	1,000	1,000	1,000	1,443	1,443
3	0,678	0,971	0,658	0,996	0,655
4	1,000	0,583	0,583	1,733	1,011
5	1,000	0,676	0,676	1,343	0,908
6	0,719	0,967	0,695	1,298	0,903
7	4,371	0,851	3,719	1,751	6,512
8	0,834	0,946	0,789	1,091	0,861
9	0,939	1,027	0,964	0,999	0,963
10	0,846	0,930	0,786	1,277	1,005
11	0,949	0,532	0,504	1,377	0,695
12	1,000	1,000	1,000	1,573	1,573
13	1,123	0,707	0,793	1,202	0,954
Média	1,189	0,935	1,088	1,395	1,655

A análise ao período 2010-2011, permite concluir que os ganhos de produtividade médios das 13 DMUs foram de 65,5%, quase o dobro do registado no período 2009-2010. Mais uma vez o progresso tecnológico contribui significativamente para os ganhos de produtividade, com um aumento de 39,5%. Esta melhoria evidencia a preocupação das DMUs na inovação com a introdução de novas tecnologias nos seus processos. Uma vez mais a SEC é o único componente a registar uma variação média negativa entre o ano 2010 e 2011. No entanto, o seu valor é próximo de 1, pelo que em média, as 13 DMUs estão a operar bastante próximas da sua escala ótima.

A nível individual, são de destacar as DMUs 1 e 7 que apresentam ganhos de produtividade muito elevados. No caso da DMU 1 as componentes TC e TEC contribuem praticamente de igual forma para os ganhos registados, enquanto na DMU 7 as melhorias de eficiência técnica tiveram um papel preponderante na determinação dos seus ganhos.

A DMU 3 que tinha aumentado consideravelmente a sua produtividade entre 2009 e 2010, vê essa produtividade cair no ano 2011, fruto da deterioração da eficiência técnica. Este decréscimo deve-se, provavelmente, à redução substancial do seu volume de vendas entre 2010 e 2011.

Verifica-se que $TC > TEC$ para todas as DMUs à excepção da DMU 7 confirmando que os ganhos de produtividade se devem fortemente ao progresso tecnológico.

Os valores de PTEC evidenciam que a relação entre *inputs* e *outputs* nas DMUs 3, 6, 8, 9, 10 e 11 piorou entre 2010 e 2011, isto é, estas DMUs no ano 2011 estão mais afastadas da fronteira VRS, constituída pelas DMUs de referência, comparativamente à fronteira do ano 2010.

O número de DMUs que apresentam ganhos de produtividade no período 2010-2011 é inferior ao período 2009-2010, no entanto, como já foi referido os ganhos médios foram aproximadamente o dobro. Como tal, conclui-se que apesar de existirem menos DMUs com ganhos de produtividade, as melhorias registadas por essas DMUs são bastante positivas (DMU1 e DMU 7).

5.3.2.3 Discussão de resultados

Análise dos dados de 2011 com o Modelo BCC

A classificação de algumas DMUs como eficientes ou ineficientes pode ser percebida de forma imediata aquando da observação dos dados. No caso dos dados da Tabela 5.3 referentes ao ano 2011 que foi analisado mais detalhadamente, é possível verificar que a DMU 1 apresenta um volume de vendas muito superior às restantes com um investimento em I&D abaixo da média, pelo que a sua classificação como eficiente é natural. A DMU 12, por exemplo, apesar de apresentar o segundo valor mais baixo de volume de vendas de entre as 13 DMUs é considerada eficiente. Esta situação deve-se, talvez, aos custos relativamente baixos que a DMU 12 apresenta, comparativamente às outras DMUs. De forma geral, as DMUs com valores elevados de volume de vendas e número de produtos, são as que apresentam mais custos com salários e em investimento em I&D. O crescimento das empresas conduz, desta forma, a maiores gastos com actividades de I&D.

Contudo, a classificação das DMUs como eficientes nem sempre é intuitiva e depende da combinação dos seus *inputs* e *outputs*, e respectiva comparação com as restantes DMUs. Unidades que à partida poderiam ser consideradas eficientes podem não o ser pelo facto de existirem unidades com uma combinação de *inputs* e *outputs* semelhantes, mas que conseguem um melhor desempenho. Atente-se ao caso da DMU 11, que tem resultados bastante satisfatórios tanto ao nível do volume de vendas como de produtos em carteira, no entanto é classificada como ineficiente pois é a unidade que tem mais custos com salários. Analisando o valor do *score* de eficiência para esta unidade é possível observar que além do aumento de 5% nos seus *outputs*, seria também necessário reduzir os custos com salários em aproximadamente 109 263 € (Tabela 5.9).

Por outro lado, a DEA fornece informações sobre as fontes que causam tais ineficiências, o que pode ser muito útil para os gestores na identificação dos factores que estão a afastar a DMU do desempenho óptimo. Uma vez que neste trabalho é aplicada a orientação para o *output* as ineficiências estão relacionadas com os valores deficientes de produção, mas também com a

utilização excessiva de um *input* em particular ou à fraca produção de um *output*. Em todas as DMUs ineficientes verificou-se a existência de pelo menos um *input* ou *output* que contribuía especialmente para a sua ineficiência.

Através dos dados relativos aos *scores* de eficiência e das folgas é possível definir metas de *input* e *output* a atingir pela DMU ineficiente. No caso em estudo, concluiu-se que quatro das seis DMUs ineficientes têm custos demasiado elevados com actividades de I&D e, portanto, devem utilizar de forma mais eficiente esses recursos, uma vez que esses investimentos não estão a ter os reflexos desejados nos resultados. Muito provavelmente, estes recursos estão a ser desperdiçados em actividades que não acrescentam valor à empresa, pelo que devem ser revistos, analisados e planeados de forma cuidadosa. Além disso, estas empresas podem estar a investir no aperfeiçoamento dos seus produtos ou serviços, o que pode explicar o défice de resultados face aos recursos financeiros utilizados.

No que diz respeito aos custos com salários, apenas a DMU 11 está a consumir esse recurso em excesso tendo em conta os resultados produzidos. Nos *outputs*, é de notar que apenas as DMUs 3 e 9 devem aumentar mais do que proporcionalmente o seu portefólio de produtos, sugerindo que este *output* em particular está a ser produzido de forma deficiente.

É possível que no caso particular em estudo, algumas das metas quantitativas verificadas sejam impraticáveis pelas empresas, devido ao facto de estas ainda não possuírem um nível de maturidade elevado, o que pode limitá-las no desenvolvimento de novos produtos. Ainda que as metas traçadas possam ter interesse para que os gestores tenham uma melhor percepção dos custos excessivos em que incorrem e das carências produtivas, os mesmos não devem concentrar-se apenas nesses valores.

Por fim, a DEA identifica o conjunto de *benchmarks* que as unidades ineficientes devem tomar como exemplo para atingir as suas metas e, conseqüentemente, tornarem-se eficientes. As unidades ineficientes devem identificar as razões pelas quais não conseguem operar de forma eficiente, e perceber o que as unidades concorrentes fazem de melhor na sua gestão a fim de adaptar essas práticas à sua própria unidade.

Comparação do modelo BCC e do MI aplicados ao período 2009-2011

Neste trabalho, um dos objectivos de aplicar diferentes modelos na análise dos dados foi avaliar a consistência dos mesmos.

Numa primeira fase foi aplicado o modelo BCC, onde foram analisados os *scores* de eficiência para cada DMU nos anos de 2009, 2010 e 2011 de forma independente. Os resultados obtidos permitem verificar se ocorreu uma melhoria ou um retrocesso na eficiência de cada DMU ao longo dos três anos, contudo, não permite identificar os factores que estão na origem da melhoria

do seu desempenho. A aplicação do MI ao mesmo conjunto de dados, permitiu obter não só a proporção dos ganhos de produtividade de cada DMU de ano para ano, como identificar também as componentes que estavam na origem desses ganhos. Um dos componentes analisados através do MI foi a PTEC que é calculada tendo em consideração VRS. Desta forma, as mudanças de eficiência técnica registadas no MI segundo o pressuposto de VRS, ou seja, PTEC, devem ser consistentes com as variações registadas no modelo BCC.

Observando os dados da Tabela 5.8 referentes ao modelo BCC, verifica-se que, por exemplo, a DMU 6 aumenta o seu *score* de eficiência de 1,25 (ano 2009), para 1,12 (ano 2010)¹⁷, ou seja, o aumento é de 11,25%. Examinando a PTEC da mesma DMU 6 na Tabela 5.12 referente ao MI no período 2009-2010, observa-se que existe uma mudança de eficiência técnica pura de 11,6%, o que é bastante próximo do valor obtido no modelo BCC. Neste caso tomou-se como exemplo a DMU 6 e o período 2009-2010, no entanto esta consistência prevalece nas restantes DMUs. De acordo com Barros & Alves (2004) as melhorias na eficiência técnica pura denotam que existiu um investimento em factores organizacionais da empresa, os quais podem englobar um melhor equilíbrio entre os *inputs* e *outputs*, investimentos em acções de marketing ou melhorias na qualidade.

Nos resultados obtidos através do modelo BCC, aferiu-se que as DMUs 1, 2, 4, 5 e 12 são eficientes ao longo dos três anos pois apresentam *score* de eficiência igual a 1. Ao analisar os dados da componente PTEC no período 2009-2010 (Tabela 5.12) e 2010-2011 (Tabela 5.13), confirma-se que não existem mudanças de eficiência técnica pura para as DMUs mencionadas uma vez que a PTEC é igual a 1.

Esta comparação vem comprovar que quando o objectivo é avaliar o desempenho de um grupo de DMUs ao longo do tempo, a interpretação dos componentes resultantes da decomposição do MI é mais intuitiva. Por outro lado o MI apresenta a vantagem de identificar as fontes que mais contribuem para os ganhos de produtividade através do cálculo de vários índices, nomeadamente: MI, TC, TEC, PTEC e SEC.

A aplicação do MI aos dados recolhidos permitiu explorar as mudanças de produtividade. No que diz respeito aos valores obtidos segundo o MI, verificou-se que tanto no período 2009-2010 como no período 2010-2011, os ganhos de produtividade se deveram principalmente a mudanças de tecnologia. Estas mudanças podem ser interpretadas como investimentos em novas tecnologias, que podem incluir novas metodologias, procedimentos ou técnicas com o objectivo de melhorar os resultados. A expansão tecnológica pode também significar que as empresas melhoraram a

¹⁷ Note-se que quanto maior o valor do *score* de eficiência, mais ineficiente é a DMU, portanto, neste caso em particular de orientação para o *output*, reduções no valor do *score* de eficiência correspondem a melhorias na eficiência. Para calcular o incremento na eficiência é necessário transformar os valores referidos para valores entre zero e um através de $\frac{1}{\theta^*}$.

sua produtividade pela experiência técnica dos seus funcionários e pelo facto de usufruírem de instalações e equipamentos modernos.

Os resultados para o período 2010-2011 evidenciam um retrocesso na produtividade de algumas DMUs que no período 2009-2010 tinham aumentado a sua produtividade. Portanto, as empresas que não melhoraram a sua tecnologia ou práticas de gestão sofrem uma redução na produtividade pois são ultrapassadas por empresas que fizeram melhorias.

A discrepância nos ganhos de produtividade entre as DMUs aumenta consideravelmente no segundo período examinado. Em 2011 existem DMUs que sofrem um decréscimo assinalável da sua produtividade comparativamente ao ano 2010, contudo também existem DMUs com um crescimento significativo, mas em menor número. Entre as DMUs que registaram um decréscimo de produtividade em 2011 as DMUs 3, 8 e 9 vêem o seu volume de vendas diminuir em relação ao ano anterior e, adicionalmente, observa-se um aumento dos custos. A conjuntura económica do país pode ajudar a explicar esta situação, com as empresas a apresentarem maiores dificuldades em vender os seus produtos e a tentarem contrariar essa tendência com um maior investimento em inovação.

Os gestores das EBT incubadas devem adoptar um procedimento de gestão de referência e estratégias de gestão que lhes permitam aproximar-se das empresas com melhores práticas. Uma vez que a fronteira tecnológica está a progredir ao longo do tempo, são necessários esforços constantes para manter e melhorar esta posição.

Limitações

No desenvolvimento deste trabalho surgiram algumas limitações associadas à própria técnica DEA, mas também à amostra disponível para análise.

Por exemplo, a idade das empresas incubadas pode influenciar de certa forma o sucesso dos seus resultados, nomeadamente, no que concerne ao portefólio de produtos ou volume de vendas avaliados neste trabalho. Seria ideal comparar empresas com o mesmo período de incubação, contudo, tal pressuposto foi impossível de concretizar na prática. Assim, a idade das empresas não foi incorporada na análise dos modelos aplicados. Uma vez que um dos objectivos consistia em estudar a evolução de desempenho das empresas ao longo do tempo, seria necessário recolher um conjunto de empresas a operar na incubadora no mesmo período de tempo. Geralmente, o período de incubação de uma empresa é bastante variável dependendo do nível de maturação que conseguem atingir, o que faz com que todos os anos existam empresas a entrar e outras a sair da incubadora. Todos estes factores contribuíram para aumentar a complexidade da selecção da amostra. Neste contexto, foi possível agrupar 21 empresas a operar no Madan Parque entre 2009 e 2011, com idades que variam entre quatro a sete anos. Desta forma, para as empresas com menos tempo de incubação o período disponível para

análise pode não ser suficiente para a maturação das tecnologias desenvolvidas e consequente transformação dos investimentos em I&D em resultados de vendas e de lançamento de novos produtos.

O questionário apresentado no Apêndice A foi respondido por 21 empresas. Contudo, e sendo o objectivo deste trabalho avaliar o desempenho de empresas de base tecnológica, foi necessário excluir as empresas que não se enquadravam neste perfil. Para tal, consideraram-se para o estudo apenas as empresas com investimentos em I&D, reduzindo a amostra para 13 empresas. Por outro lado, algumas questões não foram respondidas pela totalidade das empresas, o que impossibilitou a inclusão de variáveis que poderiam ser importantes ao estudo, por falta de dados ou valores nulos. Assim, a escolha das variáveis foi condicionada pela informação disponível. O número de DMUs na amostra é relativamente baixo em relação ao número de variáveis utilizadas. O número mínimo de DMUs a utilizar neste caso para que a aplicação da DEA seja válida é de 12. Devido à natureza da técnica DEA, vários factores incluindo a relação entre o tamanho da amostra e o número de variáveis do modelo podem afectar os resultados. As 13 DMUs utilizadas neste trabalho estão muito próximo do valor mínimo recomendado, logo a dimensão da amostra poderá ter tido influência nos resultados do modelo BCC para o ano 2011, onde sete das 13 DMUs foram consideradas eficientes.

Apesar de as 13 DMUs avaliadas investirem em actividades de I&D, o seu sector de actividade pode afectar a quantidade de produtos desenvolvidos e, naturalmente, o volume de vendas. Por outro lado, existem sectores que podem estar a atravessar neste momento uma expansão do mercado, enquanto outros podem ser mais susceptíveis às consequências da crise económica.

Capítulo 6. Conclusões e recomendações de trabalho futuro

6.1 Conclusões

Os actuais padrões de concorrência no sector tecnológico tornam as empresas de pequena dimensão mais susceptíveis aos efeitos negativos que as actividades ineficientes podem causar, reforçando, por isso, a importância de eliminar ou reduzir essas ineficiências. O principal objectivo deste trabalho passou pela concepção de um modelo DEA possível de ser aplicado em situações reais, que permitisse às EBT incubadas avaliar a sua eficiência e o seu crescimento ao longo do período de incubação.

A revisão bibliográfica evidencia uma vasta aplicação da DEA em diferentes áreas, no entanto o ramo das EBT peca por se focar na avaliação mais micro das empresas, nomeadamente, nas actividades em I&D. No que diz respeito às EBT em contexto de incubação a literatura é bastante limitada e foca-se na avaliação do potencial de diferentes industrias para posterior selecção e admissão na incubadora. Neste sentido, o presente trabalho pretende colmatar a inexistente utilização da DEA no âmbito das EBT incubadas.

A aplicabilidade prática do modelo proposto foi analisada através da elaboração de um caso de estudo com uma amostra final de 13 EBT incubadas. Foram dados exemplos de possíveis *inputs* e *outputs* para avaliar o desempenho de EBT. A análise efectuada aos coeficientes de correlação entre as variáveis, assim como a criação de possíveis cenários, permitiu reduzir a lista inicial para dois *inputs* e dois *outputs*. O modelo DEA utilizado para avaliar a eficiência foi o modelo BCC. Este modelo foi aplicado nos dados referentes aos anos 2009, 2010 e 2011 e, posteriormente, optou-se por analisar de forma mais aprofundada os resultados referentes ao ano 2011. Para avaliar as mudanças de produtividade entre 2009 e 2011, foi utilizado o índice de *Malmquist* com o cálculo dos respectivos componentes.

Da análise realizada, concluiu-se que, em média, as 13 empresas apresentam um aumento de eficiência de ano para ano. Em relação aos dados do ano mais recente, 2011, verificou-se que, embora sete das 13 empresas sejam consideradas eficientes, apresentando um *score* de eficiência igual a um, existem unidades que poderiam beneficiar de um exercício de *benchmarking* a fim de melhorar a sua eficiência. Neste sentido, seria interessante que o Madan Parque adoptasse um procedimento interno de *benchmarking*, que permitisse conhecer as melhores práticas das empresas eficientes, de forma a melhorar a eficiência das unidades menos eficientes. As unidades identificadas como ineficientes devem aumentar todos os seus *outputs* na

proporção indicada no *score* de eficiência. Além disso, verificou-se que estas unidades apresentam custos elevados em I&D no período analisado. Note-se que esta conclusão não pretende desincentivar os investimentos das empresas em I&D, uma vez que, como referido anteriormente, está provado que o I&D estimula a inovação e, consequentemente, melhora o desempenho da empresa. Dado que os resultados associados a investimentos de I&D não são imediatos, é natural que o efeito de tais investimentos só seja visível a longo prazo. Desta forma seria necessário alargar o período em estudo e monitorizar os efeitos dos investimentos em I&D entre 2009 e 2011, no portefólio de produtos dos anos seguintes.

Os índices de *Malmquist* calculados mostraram uma melhoria de 34,7 % na produtividade entre 2009 e 2010, e de 65,5 % entre 2010 e 2011. Verificou-se que, em média, as EBT incubadas apresentam melhorias na eficiência técnica, bem como nas mudanças de tecnologia nos dois períodos. O aumento registado nas mudanças de tecnologia é superior ao aumento da eficiência técnica. Quer isto dizer que o aumento da produtividade se deveu, maioritariamente, a uma expansão nas fronteiras de eficiência, indicando que as empresas têm investido em novas tecnologias como forma de melhorar a sua produtividade. As melhorias de eficiência técnica nos dois períodos evidenciam o facto de as unidades se aproximarem da fronteira de eficiência ao longo do tempo. A decomposição da eficiência técnica mostra que, em média, ocorreu um acréscimo na eficiência técnica pura e um decréscimo da eficiência de escala. Os resultados permitem concluir que, a nível individual, a maioria das empresas apresentam índices de crescimento de produtividade significativos entre 2009 e 2010, existindo uma retracção entre 2010 e 2011, que pode ser explicada pelo agravamento da crise económico-financeira nesse período. Para que as EBT incubadas continuem a aumentar a sua produtividade reduzindo os seus recursos, é necessário eliminar progressivamente produtos desactualizados e processos de produção obsoletos, apostando em tecnologia avançada.

Importa referir que os resultados obtidos neste estudo foram limitados pela informação disponível. O facto de a amostra ser reduzida fez com que o número de unidades disponíveis para comparação fosse menor, o que aumentou o número de unidades consideradas eficientes. Este facto acabou por condicionar também o número de *inputs* e *outputs* seleccionados de forma a não comprometer o poder discriminatório da DEA. Por outro lado, torna-se difícil a selecção de um grupo de empresas equiparáveis em termos de período de incubação devido ao curto ciclo de vida das empresas na incubadora.

Em termos globais, apesar das condicionantes verificadas e dos desafios encontrados no desenvolvimento dos modelos, considera-se que os objectivos deste trabalho foram atingidos. Ficou demonstrado que a DEA pode contribuir para uma gestão mais eficiente nas EBT incubadas, nomeadamente, pelo facto de permitir distinguir unidades eficientes e ineficientes, identificar as fontes de ineficiência e definir metas para cada unidade, e ainda por indicar os *benchmarks* de cada unidade. De realçar que estes resultados podem ser úteis para o apoio à

decisão nas empresas. Além disso, a maioria dos resultados da DEA são práticos e de fácil interpretação.

Em suma, a DEA é uma ferramenta poderosa e pode constituir um auxílio importante na eliminação ou redução de ineficiências nas organizações, que por sua vez levam à diminuição dos custos associados aos *inputs* e ao aumento da produtividade.

6.2 Recomendações de trabalho futuro

No seguimento deste trabalho e tendo em conta as limitações enunciadas anteriormente, sugere-se em primeiro lugar a aplicação dos modelos propostos a um maior conjunto de empresas, aumentando desta forma a poder discriminatório da DEA e a fiabilidade dos resultados.

Aumentando a dimensão da amostra seria possível a inclusão de mais variáveis ao estudo. Esta expansão no número de variáveis iria enriquecer de certa forma a análise dos resultados, possibilitando observar o efeito de diferentes combinações de *inputs* e *outputs*, e ver de que forma a sua inclusão influencia os resultados.

Propõe-se também a aplicação do modelo proposto a EBT localizadas em diferentes incubadoras. Este estudo permitiria analisar se as empresas inseridas numa incubadora específica apresentam um número de empresas eficientes muito maior que as restantes. Caso tal se verificasse, essa incubadora serviria de *benchmark* para as restantes, e as suas práticas de gestão deveriam ser alvo de análise.

O modelo proposto para avaliar a eficiência técnica das EBT incubadas baseou-se na aplicação dos modelos clássicos da metodologia DEA. Actualmente existem diversas extensões a estes modelos que podem servir melhor os interesses do problema abordado. Neste âmbito, o trabalho futuro poderá passar pela aplicação ou fusão de diferentes modelos.

Para confirmar a importância das incubadoras no crescimento das EBT, sugere-se a aplicação da DEA a empresas tecnológicas que não se encontrem incubadas. Apesar das dificuldades que esta proposta acarreta, nomeadamente na selecção de um conjunto de DMUs homogéneas, seria interessante comparar o desempenho de empresas incubadas e empresas com características semelhantes localizadas no exterior da incubadora. Neste caso em particular, propõe-se a aplicação do índice de *Malmquist* como forma de medir a evolução das empresas nestes diferentes contextos.

Por fim, sugere-se que os gestores de incubadores e empresas incubadas adoptem a DEA como uma ferramenta padrão de avaliação de eficiência e apoio à tomada de decisão, contribuindo, assim, para uma cultura de melhoria contínua da gestão.

Bibliografia

- Adler, N., Friedman, L., & Sinuany-Stern, Z. (2002). Review of ranking methods in the data envelopment analysis context. *European Journal of Operational Research*, 140(2), 249-265. doi: 10.1016/s0377-2217(02)00068-1
- Aigner, D., Lovell, C. A. K., & Schmidt, P. (1977). Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of Econometrics*, 6(1), 21-37. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0304-4076\(77\)90052-5](http://dx.doi.org/10.1016/0304-4076(77)90052-5)
- Andersen, P., & Petersen, N. C. (1993). A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis. *Manage. Sci.*, 39(10), 1261-1264. doi: 10.1287/mnsc.39.10.1261
- Autio, E. (1997). New, technology-based firms in innovation networks symplectic and generative impacts. *Research Policy*, 26(3), 263-281. doi: 10.1016/s0048-7333(96)00906-7
- Banker, R. D. (1984). Estimating most productive scale size using data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, 17(1), 35-44. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217\(84\)90006-7](http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217(84)90006-7)
- Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, 30(9), 1078-1092. doi: 10.1287/mnsc.30.9.1078
- Banker, R. D., Cooper, W. W., Seiford, L. M., & Zhu, J. (2011). Returns to scale in DEA. In W. Cooper, L. M. Seiford & J. Zhu (Eds.), *Handbook on data envelopment analysis* (2^a ed.). New York, NY: Springer. .
- Banker, R. D., & Morey, R. C. (1986a). Efficiency analysis for exogenously fixed inputs and outputs. *Operations Research*, 34(4), 513-551. doi: 10.1287/opre.34.4.513
- Banker, R. D., & Morey, R. C. (1986b). The Use of Categorical Variables in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 32(12), 1613-1627. doi: 10.1287/mnsc.32.12.1613
- Banker, R. D., & Thrall, R. M. (1992). Estimation of returns to scale using data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, 62(1), 74-84. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217\(92\)90178-C](http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217(92)90178-C)
- Barros, C. P., & Alves, C. (2004). An empirical analysis of productivity growth in a Portuguese retail chain using Malmquist productivity index. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 11(5), 269-278. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0969-6989\(03\)00053-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0969-6989(03)00053-5)
- Benneworth, P., & Charles, D. (2005). University spin-off policies and economic development in Less successful regions: Learning from two decades of policy practice. *European Planning Studies*, 13(4), 537-557. doi: 10.1080/09654310500107175
- Bergek, A., & Norrman, C. (2008). Incubator best practice: A framework. *Technovation*, 28(1-2), 20-28. doi: 10.1016/j.technovation.2007.07.008
- Bhide, A. V. (2003). *The Origin and Evolution of New Businesses*: Oxford University Press, USA.
- Bigliardi, B., Dormio, A. I., Nosella, A., & Petroni, G. (2006). Assessing science parks' performances: directions from selected Italian case studies. *Technovation*, 26(4), 489-505. doi: 10.1016/j.technovation.2005.01.002
- Bracker, J. Y. S., & Pearson, J. N. (1986). Planning and financial performance of small, mature firms. *Strategic Management Journal*, 7(6), 503-522. doi: 10.1002/smj.4250070603

- Carayannis, E. G., Rogers, E. M., Kurihara, K., & Allbritton, M. M. (1998). High-technology spin-offs from government R&D laboratories and research universities. *Technovation*, 18(1), 1-11. doi: 10.1016/s0166-4972(97)00101-6
- Caves, D. W., Christensen, L. R., & Diewert, W. E. (1982). The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output, and Productivity. *Econometrica*, 50(6), 1393-1414.
- Chakrabati, A. K. (1990). Scientific output of small and medium size firms in high-tech industries. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 37(1), 48-52.
- Chan, K. F., & Lau, T. (2005). Assessing technology incubator programs in the science park: the good, the bad and the ugly. *Technovation*, 25(10), 1215-1228. doi: 10.1016/j.technovation.2004.03.010
- Charnes, A., Clark, C. T., Cooper, W. W., & Golany, B. (1985). A developmental study of data envelopment analysis in measuring the efficiency of maintenance units in the U.S. air forces. *Annals of Operations Research*, 2(1), 95-112. doi: 10.1007/bf01874734
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision-making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444.
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1981). Evaluating program and managerial efficiency: An application of data envelopment analysis to program follow through. *Management Science*, 27(6), 668-697. doi: 10.1287/mnsc.27.6.668
- Chen, C.-J., Wu, H.-L., & Lin, B.-W. (2006). Evaluating the development of high-tech industries: Taiwan's science park. *Technological Forecasting and Social Change*, 73(4), 452-465. doi: 10.1016/j.techfore.2005.04.003
- Chen, C. T., Chien, C. F., Lin, M. H., & Wang, J. T. (2004). Using DEA to Evaluate R&D Performance of the Computers and Peripherals Firms in Taiwan *International Journal of Business*, 9(4).
- Chrisman, J. J., Hynes, T., & Fraser, S. (1995). Faculty entrepreneurship and economic development: The case of the University of Calgary. *Journal of Business Venturing*, 10(4), 267-281. doi: 10.1016/0883-9026(95)00015-z
- Coelli, T. J. (1995). Recent developments in frontier modeling and efficiency measurement. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 39(3), 219-245. doi: 10.1111/j.1467-8489.1995.tb00552.x
- Coelli, T. J., Rao, D. S. P., & Battese, G. E. (1998). *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. Boston, MA: Kluwer Academic Publishers. .
- Colombo, M. G., & Delmastro, M. (2002). How effective are technology incubators?: Evidence from Italy. *Research Policy*, 31(7), 1103-1122. doi: 10.1016/s0048-7333(01)00178-0
- Cook, W. D., & Seiford, L. M. (2009). Data envelopment analysis (DEA) – Thirty years on. *European Journal of Operational Research*, 192(1), 1-17. doi: 10.1016/j.ejor.2008.01.032
- Cooper, Ruiz, J. L., & Sirvent, I. (2011b). Choices and Uses of DEA Weights. In W. W. Cooper, L. M. Seiford & J. Zhu (Eds.), *Handbook on Data Envelopment Analysis* (2^a ed.). New York, NY: Springer.
- Cooper, W., Seiford, L. M., & Zhu, J. (2011a). Data Envelopment Analysis: History, Models, and Interpretations. In W. Cooper, L. M. Seiford & J. Zhu (Eds.), *Handbook on Data Envelopment Analysis* (2^a ed., pp. 1-39). New York, NY: Springer.
- Cooper, W. W., Seiford, L. M., & Tone, K. (2007). *Data envelopment analysis: A comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software*. New York, NY: Springer.

- Debreu, G. (1951). The Coefficient of Resource Utilisation. *Econometrica* 19(3), 273-292.
- Dierdonck, R. V., & Debackere, K. (1990). Science Parks and Technological Innovation *Tijdschrift voor Economie en Management* 35(3).
- Doutriaux, J. (1987). Growth pattern of academic entrepreneurial firms. *Journal of Business Venturing*, 2(4), 285-297. doi: 10.1016/0883-9026(87)90022-x
- Doyle, J., & Green, R. (1994). Efficiency and Cross-efficiency in DEA: Derivations, Meanings and Uses. *Journal of The Operational Research Society*, 45(5), 567-578. doi: 10.1038/sj/jors/0450509
- Drucker, P. F. (1985). *Innovation and Entrepreneurship: Practice and Principles*. New York: Harper & Row.
- Druilhe, C., & Garnsey, E. (2004). Do Academic Spin-Outs Differ and Does it Matter? *The Journal of Technology Transfer*, 29(3), 269-285. doi: 10.1023/b:jott.0000034123.26133.97
- Dyson, R. G., Allen, R., Camanho, A. S., Podinovski, V. V., Sarrico, C. S., & Shale, E. A. (2001). Pitfalls and protocols in DEA. *European Journal of Operational Research*, 132(2), 245-259. doi: 10.1016/s0377-2217(00)00149-1
- Easton, L., Murphy, D. J., & Pearson, J. N. (2002). Purchasing performance evaluation: with data envelopment analysis. *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 8(3), 123-134. doi: 10.1016/s0969-7012(02)00002-3
- Etzkowitz, H. (2001). University as a bridge between technology and society. *IEEE, Technology and Society Magazine*, 20(2), 18-29.
- Färe, R., Grosskopf, S., Lindgren, B., & Roos, P. (1992). Productivity changes in Swedish pharmacies 1980–1989: A non-parametric Malmquist approach. *Journal of Productivity Analysis*, 3(1-2), 85-101. doi: 10.1007/bf00158770
- Färe, R., Grosskopf, S., & Lovell, C. A. K. (1994). *Production Frontiers*: Cambridge University Press.
- Färe, R., Grosskopf, S., Norris, M., & Zhang, Z. (1994). Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries. *The American Economic Review*, 84(1), 66-83. doi: 10.2307/2117971
- Färe, R., & Knox Lovell, C. A. (1978). Measuring the technical efficiency of production. *Journal of Economic Theory*, 19(1), 150-162. doi: 10.1016/0022-0531(78)90060-1
- Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society, Series A, General*, 120(3), 253-281. doi: 10.2307/2343100
- Golany, B., & Roll, Y. (1989). An application procedure for DEA. *Omega*, 17(3), 237-250. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0305-0483\(89\)90029-7](http://dx.doi.org/10.1016/0305-0483(89)90029-7)
- Grifell-Tatjé, E., & Lovell, C. A. K. (1995). A note on the Malmquist productivity index. *Economics Letters*, 47(2), 169-175. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0165-1765\(94\)00497-P](http://dx.doi.org/10.1016/0165-1765(94)00497-P)
- Griliches, Z. (1979). Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth. *Bell Journal of Economics*, 10(1), 92-116.
- Grimaldi, R., & Grandi, A. (2005). Business incubators and new venture creation: an assessment of incubating models. *Technovation*, 25(2), 111-121. doi: 10.1016/s0166-4972(03)00076-2
- Grinstein, A., & Goldman, A. (2006). Characterizing the technology firm: An exploratory study. *Research Policy*, 35(1), 121-143. doi: 10.1016/j.respol.2005.09.003

- Grosskopf, S. (2003). Some Remarks on Productivity and its Decompositions. *Journal of Productivity Analysis*, 20(3), 459-474. doi: 10.1023/a:1027364119672
- Guan, J. C., Mok, C. K., Yam, R. C. M., Chin, K. S., & Pun, K. F. (2006). Technology transfer and innovation performance: Evidence from Chinese firms. *Technological Forecasting and Social Change*, 73(6), 666-678. doi: 10.1016/j.techfore.2005.05.009
- Guy, L. (1996). A look at Aston Science Park. *Technovation*, 16(5), 217-218.
- Hisrich, & Peters, M. P. (2004). *Empreendedorismo*. Porto Alegre: Bookman.
- Hisrich, R., & Smilor, R. (1988). The university and business incubation: Technology transfer through entrepreneurial development. *The Journal of Technology Transfer*, 13(1), 14-19. doi: 10.1007/bf02371496
- Hood, J. N., & Young, J. E. (1993). Entrepreneurship's requisite areas of development: A survey of top executives in successful entrepreneurial firms. *Journal of Business Venturing*, 8(2), 115-135. doi: 10.1016/0883-9026(93)90015-w
- Jou, S.-C., & Chen, D.-S. (2001). Keeping the high-tech region open and dynamic: the organizational networks of Taiwan's integrated circuit industry. *GeoJournal*, 53(1), 81-87. doi: 10.1023/a:1015865404820
- Kao, C., Chen, L.-H., Wang, T.-Y., Kuo, S., & Horng, S.-D. (1995). Productivity improvement: Efficiency approach vs effectiveness approach. *Omega*, 23(2), 197-204. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0305-0483\(94\)00058-I](http://dx.doi.org/10.1016/0305-0483(94)00058-I)
- Koopmans, T. C. (1951). An Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities. In T. C. Koopmans (Ed.), *Activity Analysis of Production and Allocation*, Cowles Commission for Research in Economics. New York: Wiley.
- Kurz, H. D. (2008). Innovations and profits: Schumpeter and the classical heritage. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 67(1), 263-278. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jebo.2007.08.003>
- Landry, R., Amara, N., & Rherrad, I. (2006). Why are some university researchers more likely to create spin-offs than others? Evidence from Canadian universities. *Research Policy*, 35(10), 1599-1615. doi: 10.1016/j.respol.2006.09.020
- Li, S., Jahanshahloo, G. R., & Khodabakhshi, M. (2007). A super-efficiency model for ranking efficient units in data envelopment analysis. *Applied Mathematics and Computation*, 184(2), 638-648. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.amc.2006.06.063>
- Lindelöf, P., & Löfsten, H. (2003). Science Park Location and New Technology-Based Firms in Sweden – Implications for Strategy and Performance. *Small Business Economics*, 20(3), 245-258. doi: 10.1023/a:1022861823493
- Link, A. N., & Scott, J. T. (2003). U.S. science parks: the diffusion of an innovation and its effects on the academic missions of universities. *International Journal of Industrial Organization*, 21(9), 1323-1356.
- Liu, F.-H. F., & Wang, P.-h. (2008). DEA Malmquist productivity measure: Taiwanese semiconductor companies. *International Journal of Production Economics*, 112(1), 367-379. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2007.03.015>
- Löfsten, H., & Lindelöf, P. (2002). Science Parks and the growth of new technology-based firms—academic-industry links, innovation and markets. *Research Policy*, 31(6), 859-876. doi: 10.1016/s0048-7333(01)00153-6
- Lorenzoni, G., & Ornati, O. A. (1988). Constellations of firms and new ventures. *Journal of Business Venturing*, 3(1), 41-57. doi: 10.1016/0883-9026(88)90029-8

- Louis, K. S., Blumenthal, D., Gluck, M. E., & Stoto, M. A. (1989). Entrepreneurs in Academe: An Exploration of Behaviors among Life Scientists. *Administrative Science Quarterly*, 34(1), 110-131.
- Lu, Y.-H., Shen, C.-C., Ting, C.-T., & Wang, C.-H. (2010). Research and development in productivity measurement: An empirical investigation of the high technology industry. *African Journal of Business Management*, 4(13).
- Malmquist, S. (1953). Index numbers and indifference surfaces. *Trabajos de Estadística*, 4(2), 209-242. doi: 10.1007/bf03006863
- Meeusen, W., & van den Broeck, J. (1977). Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Functions with Composed Error. *International Economic Review*, 18(2), 435-444.
- Mian, S. A. (1996). Assessing value-added contributions of university technology business incubators to tenant firms. *Research Policy*, 25(3), 325-335. doi: 10.1016/0048-7333(95)00828-4
- Mian, S. A. (1997). Assessing and managing the university technology business incubator: An integrative framework. *Journal of Business Venturing*, 12(4), 251-285. doi: 10.1016/s0883-9026(96)00063-8
- Mohammadi, A., & Ranaei, H. (2011). The Application of DEA based malmquist Productivity Index in Organizational Performance Analysis. *International Research Journal of Finance and Economics*(62).
- Monck, C., Porter, R., Quintas, P., Storey, D., & Wynarczyk, P. (1988). *Science Parks and the Growth of High Technology Firms*. London: Croom Helm
- Morris, M. H., & Jones, F. F. (1999). Entrepreneurship in established organizations: The case of the public sector. *Entrepreneurship: Theory & Practice*, 24(1), 73-93.
- Oakey, R. (1995). *High-technology New Firms: Variable Barriers to Growth*. London: Paul Chapman.
- Oakey, R., Rothwell, R., & Cooper, S. (1998). *The Management of Innovation in High Technology Small Firms*. London: Frances Pinter.
- Odeck, J. (2007). Measuring technical efficiency and productivity growth: a comparison of SFA and DEA on Norwegian grain production data. *Applied Economics*, 39(20), 2617-2630. doi: 10.1080/00036840600722224
- Ozcan, Y. A. (2008). *Health Care Benchmarking and Performance Evaluation An Assessment using Data Envelopment Analysis (DEA)*. Newton, MA: Springer.
- Pavitt, K. (1984). Sectoral patterns of technical change: Towards a taxonomy and a theory. *Research Policy*, 13(6), 343-373. doi: 10.1016/0048-7333(84)90018-0
- Pérez, M., & Sánchez, A. M. (2003). The development of university spin-offs: early dynamics of technology transfer and networking. *Technovation*, 23(10), 823-831. doi: 10.1016/s0166-4972(02)00034-2
- Phan, P. H., Siegel, D. S., & Wright, M. (2005). Science parks and incubators: observations, synthesis and future research. *Journal of Business Venturing*, 20(2), 165-182. doi: 10.1016/j.jbusvent.2003.12.001
- Pidd, M. (2012). *Measuring the Performance of Public Services: Principles and Practice*. New York: Cambridge University Press.
- Ramanathan, R. (2003). *An Introduction to Data Envelopment Analysis: A Tool for Performance Measurement*. SAGE Publications.

- Ratinho, T., & Henriques, E. (2010). The role of science parks and business incubators in converging countries: Evidence from Portugal. *Technovation*, 30(4), 278-290. doi: 10.1016/j.technovation.2009.09.002
- Roberts, E. B., & Malone, D. E. (1996). Policies and structures for spinning off new companies from research and development organizations#. *R&D Management*, 26(1), 17-48. doi: 10.1111/j.1467-9310.1996.tb00927.x
- Rothwell, R., & Dodgson, M. (1993). Technology-based SMEs: their role in industrial and economic change. *International Journal of Technology Management*, 8(1), 8-22.
- Saati, S., Zarafat, M., Memariani, A., & Jahanshahloo, G. R. (2001). A model for ranking decision making units in data envelopment analysis *Ricerca Operativa*, 31(97), 47-59.
- Sarkar, S. (2010). *Empreendedorismo e Inovação* (2ª ed.). Lisboa: Escolar Editora.
- Schumpeter, J. (1934). *The Theory of Economic Development*: Harvard University Press.
- Seiford, L. M., & Zhu, J. (1999a). An investigation of returns to scale in data envelopment analysis. *Omega*, 27(1), 1-11. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0305-0483\(98\)00025-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0305-0483(98)00025-5)
- Seiford, L. M., & Zhu, J. (1999b). Profitability and Marketability of the Top 55 U.S. Commercial Banks. *Manage. Sci.*, 45(9), 1270-1288. doi: 10.1287/mnsc.45.9.1270
- Serazzi, G. (2005). University Incubators. *Journal of the Politecnico di Milano*(9), 18-31.
- Sexton, T. R., Silkman, R. H., & Hogan, A. J. (1986). Data envelopment analysis: Critique and extensions. In R. H. Silkman (Ed.), *Measuring Efficiency: An Assessment of Data Envelopment Analysis*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Shanklin, W., & Ryans, J. (1987). *Essentials of Marketing High Technology*. MA: Lexington Books.
- Sherman, H. D., & Zhu, J. (2006). *Service productivity management: improving service performance using data envelopment analysis (DEA)*. New York, NY: Springer.
- Siegel, D. S., Waldman, D., & Link, A. (2003). Assessing the impact of organizational practices on the relative productivity of university technology transfer offices: an exploratory study. *Research Policy*, 32(1), 27-48. doi: 10.1016/s0048-7333(01)00196-2
- Sofouli, E., & Vonortas, N. S. (2007). S&T Parks and business incubators in middle-sized countries: the case of Greece. *Journal of Technology Transfer*, 32(5), 525-544.
- Steffensen, M., Rogers, E. M., & Speakman, K. (2000). Spin-offs from research centers at a research university. *Journal of Business Venturing*, 15(1), 93-111. doi: 10.1016/s0883-9026(98)00006-8
- Thrall, R. M. (1996). Duality, classification and slacks in data envelopment analysis. *The Annals of Operations Research*, 66, 109-138.
- Wagner, J. M., & Shimshak, D. G. (2007). Stepwise selection of variables in data envelopment analysis: Procedures and managerial perspectives. *European Journal of Operational Research*, 180(1), 57-67. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2006.02.048>
- Walter, A., Auer, M., & Ritter, T. (2006). The impact of network capabilities and entrepreneurial orientation on university spin-off performance. *Journal of Business Venturing*, 21(4), 541-567. doi: 10.1016/j.jbusvent.2005.02.005
- Wang, C.-H., Lu, I.-Y., & Chen, C.-B. (2010). Integrating hierarchical balanced scorecard with non-additive fuzzy integral for evaluating high technology firm performance. *International Journal of Production Economics*, 128(1), 413-426. doi: 10.1016/j.ijpe.2010.07.042

Bibliografia

- Wang, C.-H., Lu, Y.-H., Huang, C.-W., & Lee, J.-Y. (2013). R&D, productivity, and market value: An empirical study from high-technology firms. *Omega*, 41(1), 143-155. doi: 10.1016/j.omega.2011.12.011
- Westhead, P. (1997). R&D 'inputs' and 'outputs' of technology-based firms located on and off Science Parks. *R&D Management*, 27(1), 45-62. doi: 10.1111/1467-9310.00041
- Wu, H.-Y., Chen, P.-S., & Chuang, C.-L. (2011). The significance of research and development (R&D) and innovation to high-tech industry from the total quality management (TQM) perspective *African Journal of Business Management*, 5(15), 6287-6308.
- Zerafat Angiz, M., Mustafa, A., & Kamali, M. J. (2012). Cross-ranking of Decision Making Units in Data Envelopment Analysis. *Applied Mathematical Modelling*, 37(1-2), 398-405. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apm.2012.02.038>
- Zhu, J. (2008). *Quantitative Models for Performance Evaluation and Benchmarking: Data Envelopment Analysis with Spreadsheets* (2^a ed.). New York: Springer.

Bibliografia online

- Madan Parque. (2012a). O Madan Parque: Madan Parque. Obtido em 5 de Novembro de 2012, de <http://www.madanparque.pt/pt/madan-parque/madan-parque.html>
- Madan Parque. (2012b). O Madan Parque: Modelo Madan Parque. Obtido em 5 de Novembro de 2012, de <http://www.madanparque.pt/pt/madan-parque/missao.html>
- Madan Parque. (2012c). O Madan Parque: Parceiros. Obtido em 5 de Novembro de 2012, de <http://www.madanparque.pt/pt/madan-parque/parceiros.html>
- Madan Parque. (2012d). Serviços. Obtido em 5 de Novembro de 2012, de <http://www.madanparque.pt/pt/servicos.html>
- Madan Parque. (2012e). O Madan Parque: DashBoard. Obtido em 5 de Novembro de 2012, de <http://www.madanparque.pt/pt/madan-parque/dashboard.html>
- Madan Parque. (2012f). Serviços: Incubação de Empresas. Obtido em 5 de Novembro de 2012, de <http://www.madanparque.pt/pt/servicos/incubacao.html>
- Tecparques. (2012). Objectivos. Obtido em 13 de Dezembro de 2012, de <http://www.tecparques.pt/OBJECTIVOS.html>

Anexos

Anexo A: Formulação primal do método *Super-efficiency* (Adler, et al., 2002):

$$h_k = \max \sum_{r=1}^s u_r y_{rk}$$

Sujeito a :

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \geq 0 \text{ para } j = 1, \dots, n, j \neq k$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ik} = 1,$$

$$u_r \geq \varepsilon \text{ para } r = 1, \dots, s,$$

$$v_i \geq \varepsilon \text{ para } i = 1, \dots, m.$$

Anexo B: Formulação agressiva do método *Cross-efficiency* (Zerafat Angiz, et al., 2012):

$$\min \sum_{r=1}^s u_{rk} \left(\sum_{j \neq k}^n y_{rj} \right)$$

Sujeito a :

$$\sum_{i=1}^m v_{ik} \left(\sum_{j \neq k}^n x_{ij} \right) = 1$$

$$\sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rk} - h_{kk} \sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ik} = 0$$

$$\sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ij} \leq 0 \quad j \neq k$$

$$u_{rk}, v_{ik} \geq 0 \quad \forall r, i$$

Anexo C: Modelo dual com orientação para o *output* para variáveis não controláveis (W. Cooper, et al., 2011a) :

$$\max \phi - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r \in O_D} s_r^+ \right)$$

Sujeito a :

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- = x_{i0}$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- = \phi x_{i0} \quad r \in O_D$$

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ = y_{r0} \quad r \in O_N;$$

$$\lambda_j \geq 0$$

Apêndices

Apêndice A: Questionário aplicado

O questionário que se segue, insere-se no âmbito da dissertação de mestrado, com vista à obtenção do grau de mestre em Engenharia e Gestão Industrial, pela Faculdade Ciências e Tecnologia da Universidade Novas de Lisboa. Assim sendo, este tem como finalidade estudar a eficiência de empresas de base tecnológica incubadas num Parque de Ciência e Tecnologia. Gostaria de solicitar a sua colaboração, através do preenchimento de um conjunto de questões objectivas, relativas aos recursos e resultados das empresas incubadas no Madan Parque entre os anos de 2009 a 2011. No preenchimento do questionário é importante ser honesto e objectivo já que a finalidade desta avaliação é obter um registo fiel e isento do desempenho da empresa. No caso de não existirem dados disponíveis, ou em que os mesmos sejam desconhecidos, não preencha os espaços respectivos. Os resultados obtidos serão utilizados apenas para fins académicos, e todos os dados recolhidos serão mantidos em sigilo, uma vez que as empresas serão representadas por códigos.

Obrigado pela sua colaboração.

Dados Gerais

Nome da empresa: _____

Data de fundação: _____

Data de instalação no PCT/Incubadora: _____

As questões que se seguem devem ser respondidas com os dados referentes aos anos 2009, 2010 e 2011. Todas as respostas devem ser dadas de forma quantitativa (Euros ou número), consoante o tipo de pergunta. Para todas as questões considere como data de referência o dia 31 de Dezembro do respectivo ano.

1. Colaboradores

Número de colaboradores que trabalharam directa ou indirectamente (através de estágios), na empresa.

1.1 Número total

	2009	2010	2011
Unidade (#)			

1.2 Com ligação à FCT-UNL

1.2.1 Colaboradores

Aluno/Ex-alunos/Professores investigadores/ membros do conselho de direcção	2009	2010	2011
Unidade (#)			

1.2.2 Sócios

	2009	2010	2011
Unidade (#)			

1.3 Pós- Graduados

Com o grau de mestrado ou doutoramento	2009	2010	2011
Unidade (#)			

1.4 Qual o valor da massa salarial de todos os colaboradores da empresa?

	2009	2010	2011
Unidade (€)			

2. Vendas

Representa o valor das vendas de mercadorias, produtos e prestação de serviços.

2.1 Volume de vendas total

Dentro e fora do mercado nacional durante o exercício	2009	2010	2011
Unidade (€)			

2.2 Volume de vendas proveniente de empresas públicas ou com ligação ao estado e universidades

	2009	2010	2011
Unidade (€)			

2.3 Volume de vendas proveniente do exterior

	2009	2010	2011
Unidade (€)			

3. Investimento

3.1 Investimento em I&D

Investimento em investigação e inovação de produtos, serviços e processos produtivos. Devem ser também considerados os gastos com salários de colaboradores ou sócios envolvidos em exclusivo na actividade.

	2009	2010	2011
Unidade (€)			

3.2 Investimento em esforço comercial

Conjunto de encargos directos com as actividades de marketing. A definição inclui os custos de produção dos materiais, estudos de mercado, campanhas de lançamento de produtos, publicidade, criação e registo de marcas, etc. Devem ser também considerados os gastos com salários de colaboradores ou sócios envolvidos em exclusivo na actividade.

	2009	2010	2011
Unidade (€)			

4. Produtos

4.1 Portefólio de produtos/serviços

Número de produtos e serviços que a empresa oferece (inclui os produtos já existentes e os novos produtos introduzidos no ano correspondente ao exercício).

	2009	2010	2011
Unidade (#)			

4.2 Produtos/serviços em parceria com outras empresas

Número de produtos desenvolvidos em parceria com outras empresas (inclui os produtos já existentes com esta característica assim como os produtos introduzidos no ano correspondente ao exercício).

	2009	2010	2011
Unidade (#)			

4.3 Produtos desenvolvidos em projectos de I&DT na FCT

Número de produtos desenvolvidos em parceria com a FCT (inclui os produtos já existentes com esta característica assim como os produtos introduzidos no ano correspondente ao exercício).

	2009	2010	2011
Unidade (#)			

5. Número de Clientes

Corresponde ao número de clientes que realizaram encomendas à empresa durante o ano correspondente ao exercício.

5.1 Total

	2009	2010	2011
Unidade (#)			

5.2 Novos clientes

Cientes que receberam encomendas pela 1º vez	2009	2010	2011
Unidade (#)			

5.3 Mercado externo

Cientes fora do mercado interno	2009	2010	2011
Unidade (#)			

6. Resultados

6.1 Margem de lucro

O lucro corresponderá à diferença entre a receita das vendas e serviços e os custos da empresa.

	2009	2010	2011
Unidade (€)			